



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY**

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

**KONSTRUKČNÍ NÁVRH DŘEVOOBRÁBĚCÍHO STROJE  
PRO PŘÍPRAVU PŘÍŘEZŮ**

CONSTRUCTION DESIGN OF WOODWORKING MACHINERY FOR PREPARING SAWN TIMBER

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. Tomáš Závodný**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. Kamil Šubrt**

**BRNO 2017**



# Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky  
Student: **Bc. Tomáš Závodný**  
Studijní program: Strojní inženýrství  
Studijní obor: Výrobní stroje, systémy a roboty  
Vedoucí práce: **Ing. Kamil Šubrt**  
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

## Konstrukční návrh dřevoobráběcího stroje pro přípravu přířezů

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Oblasti dřevoobráběcích strojů je stále se rozvíjející oblastí, která využívá stále častěji technologie známé u kovoobráběcích strojů. Je vyžadována vysoká přesnost obrábění a komfort obsluhy. V oblasti přípravy přířezů, obzvláště malých rozměrů a větších množství v rámci středního podniku, je požadavkem malý prořez, přiměřený výkon, co největší komfort a také ekonomická návratnost vložených investičních prostředků. Tyto aspekty ale mohou být pro většinu strojů, v současnosti na trhu dostupných, shledány k řešení jako obtížné. Práce se proto zaměřuje na návrh vhodné platformy sjednocující tyto požadavky pro tento druh výroby.

### Cíle diplomové práce:

1. Seznamte se s problematikou výroby přířezů a technologií obrábění dřeva včetně bezpečnostních prvků na strojích.
2. Seznamte se s požadavky na vývoj a výrobu typově obdobných zařízení a analyzujte dostupná řešení na trhu z hlediska jejich technických parametrů a technologických možností.
3. Na základě analýzy a specifikovaných požadavků provedte návrh koncepce stroje.
4. Pro hlavní uzly stroje provedte základní návrhové a ověřovací výpočty.
5. Vypracujte výkresovou dokumentaci (výkres sestavy).
6. Provedte stručnou analýzu rizik nové koncepce stroje nebo jeho exponované části.

### Seznam doporučené literatury:

KRÁL, Pavel. Obrábění dřevařských materiálů. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. ISBN 978-80-7375-267-5.

JOSTEN, Elmar, Thomas REICHE a Bernd WITTCHEN. Dřevo a jeho obrábění. Praha: Grada, 2010. Průvodce truhláře. ISBN 978-80-247-2961-9.

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIAM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

BORSKÝ, Václav. Základy stavby obráběcích strojů. 1. vyd. [s.l.] : [s.n.], 1986. 145 s. ISBN 55-600-86.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se primárně zabývá návrhem dřevoobráběcího stroje zaměřeného na technologii zpracování dřeva pomocí řezání – rozmítací pily. V úvodu práce je seznámení se zpracovávaným materiálem – dřevem a jeho zpracování ve formě přířezů a dále je uvedena rešerše přidružených strojů se stejnou technologií zpracování obrobků. Posléze je rozebrána i bezpečnost při obrábění na dřevoobráběcích strojích a jednotlivé bezpečnostní prvky, které stroje musí obsahovat. Z tohoto průzkumu je následně vytvořen model pily se všemi potřebnými náležitostmi. Závěr práce je věnován analýze rizik navrhnutého strojního zařízení a jejich redukci.

## **ABSTRACT**

This thesis deals primary with design of a woodworking machine focused on woodworking technology by cutting – rip saw. The introduction to the work is get to acquainted with the material to be processed – wood, and also the search of associated machines with the same technology of workpiece processing. Next part is focused on the safety of machining on woodworking machines and the individual safety features that the machines must contain are also analyzed. From this survey, a saw model with all the necessary features is created. The conclusion of the thesis is devoted to the risk analysis of the proposed machinery and their reduction.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Návrh rozmítací pily, řezná síla, stroje pro obrábění dřeva, bezpečnost při obrábění, analýza rizik.

## **KEYWORDS**

Design of rip saw, cutting force, woodworking machinery, safety of machining, risk analysis.



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

ZÁVODNÝ, T. *Konstrukční návrh dřevoobráběcího stroje pro přípravu přířezů*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2017, 84 s., Vedoucí diplomové Ing. Kamil Šubrt.





## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat své rodině a přítelkyni za psychickou podporu, dále také svému vedoucímu práce panu Ing. Kamilovi Šubrtovi za jeho trpělivost a čas, který mi věnoval při zpracovávání této diplomové práce.



## **ČESTNÉ PROHLÁŠ ENÍ**

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Kamila Šubrt a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 26.5.2017

.....  
Závodný Tomáš



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>DŘEVO A ZPRACOVÁNÍ PŘÍŘEZŮ .....</b>	<b>17</b>
2.1	Dřevo .....	17
2.1.1	Stavba dřeva .....	18
2.1.2	Vlastnosti dřeva .....	19
2.1.3	Obrábění dřeva .....	19
2.2	Zpracování přířezů .....	21
2.2.1	Rozdělení přířezů .....	21
2.2.2	Technologie výroby přířezů .....	22
2.2.3	Hrubé zkracování řeziva .....	22
2.2.4	Řezání na hrubou šířku .....	23
2.2.5	Vymanipulování vad .....	23
2.2.6	Čtyřstranné opracování .....	23
2.2.7	Oboustranné přesné zkracování .....	23
2.2.8	Broušení povrchu .....	23
<b>3</b>	<b>POŽADAVKY NA VÝROBU .....</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>STROJE KE ZPRACOVÁNÍ DŘEVA .....</b>	<b>27</b>
4.1	Pily .....	27
4.1.1	Pásové pily .....	27
4.1.2	Kotoučové pily .....	28
4.1.3	Kotoučové pily rozmítací .....	28
4.1.4	Kotouče .....	29
4.2	analýza trhu, srovnání strojů .....	30
4.2.1	Grizzly G0524 .....	30
4.2.2	Diehl SL-30 Straight Line Rip Saw .....	31
4.2.3	TOS Svitavy PWR 201 .....	32
4.2.4	OAV Equipment YFR-303S .....	33
4.3	Zhodnocení a výsledky .....	33
<b>5</b>	<b>BEZPEČNOST PRÁCE NA DŘEVOOBRÁBĚCÍCH STROJÍCH .....</b>	<b>35</b>
5.1	Úrazovost .....	35
5.2	Bezpečnost provozu na pásových pilách .....	35
5.2.1	Základní bezpečnost na pásových pilách .....	35
5.3	Bezpečnost provozu na kotoučových pilách .....	36
5.3.1	Základní bezpečnost na kotoučových pilách .....	36
5.3.2	Ochranné kryty pilového kotouče .....	37
5.3.3	Ochrana proti zpětnému vrhu .....	38
<b>6</b>	<b>VÝPOČTOVÁ ČÁST .....</b>	<b>39</b>
6.1	Zvolení nástroje .....	39
6.1.1	Pilový kotouč pro rozmítací stroje .....	39
6.1.2	Ultratenký pilový kotouč .....	40
6.2	Výpočet řezných sil .....	40
6.3	Výpočet řemenu .....	44
6.4	Výpočet napětí na hřídeli .....	47
6.5	Návrh podávacího mechanismu .....	50
6.6	Volba těsného pera .....	52

<b>7</b>	<b>KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ .....</b>	<b>53</b>
7.1	Jednotlivá technická zpracování rozmítacího stroje .....	53
7.1.1	Rám stroje.....	53
7.1.2	Pracovní stůl .....	54
7.1.3	Vřeteno.....	55
7.1.4	Pohonné ústrojí stroje.....	56
7.1.5	Bezpečnostní krytování a prvky .....	57
7.1.6	Rozmítací pila.....	58
	Výsledné parametry navrženého stroje jsou shrnuty v Tab 7) .....	58
<b>8</b>	<b>ANALÝZA RIZIK A JEJICH MINIMALIZACE.....</b>	<b>59</b>
8.1	Analýza strojního zařízení.....	59
8.1.1	Technické specifikace strojního zařízení .....	59
8.1.2	Základní blokový diagram.....	60
8.1.3	Blokový diagram rozmítací pily .....	60
8.1.4	Identifikace relevantních nebezpečí.....	61
8.1.5	Určení velikosti rizika .....	62
8.1.6	Analýza významných nebezpečí.....	63
8.1.7	Přehled identifikovaných závažných nebezpečí .....	65
8.2	Formuláře pro odhad rizik .....	69
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>71</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>72</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK, OBRÁZKŮ A TABULEK .....</b>	<b>75</b>
11.1	Seznam tabulek .....	75
11.2	Seznam obrázků.....	75
<b>12</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>79</b>

# 1 ÚVOD

Dřevo je jedna z prvních zpracovávaných surovin, co lidstvo používá od pradávna až dodnes. Používá se téměř ve všech oborech od stavebnictví až po hračkařský průmysl. Dřevo je pro člověka díky své dostupnosti, vlastnostem a přirozenosti neodmyslitelným materiálem. Nicméně stejně jako rostou požadavky lidí a průmyslu na kvalitu výrobků, je vyžadována stejně tak i vyšší kvalita zpracování dřeva. Procesně je při zpracování požadováno snížení počtu operací. Je kladen důraz na vysokou přesnost obrábění a kvalita povrchu. Splněním těchto požadavků se snižuje potřeba následného dodatečného opracovávání, například broušení. Tím pádem se stroje používány pro tuto výrobu stávají propracovanějšími a kvalitnějšími.

Stroje pro přípravu přířezů na trhu už jsou, ale jsou dosti rozměrné a dimenzované pro větší rozměry obrobků. Výroba malých přířezů je relativně opomíjená. Je to dáno převážně tím, že se dají přířezy vyrábět například na formátovacích pilách, ale doprava materiálu je prováděná ručně a kvalita řezu nemusí být dostačující.

Celá práce je proto primárně zaměřená na návrh stroje pro podélné řezání dřeva – rozmítací pily, která je konstruována na přípravu přířezů malých rozměrů pro další zpracování. Ještě před celým návrhem stroje je provedeno seznámení s výrobou přířezů a strojů pro jejich výrobu. Při návrhu stroje je brán ohled na to, aby byla zajištěna snadná obsluha stroje, přesné obrábění a ekonomický provoz oproti jiným produktům běžně dostupným na trhu. Umístění pily je plánováno ve středním podniku, proto je stroj tvořen tak, aby jeho obsluha byla snadná a údržba bezproblémová se snadnou výměnou přípravek a nářadí.





## 2 DŘEVO A ZPRACOVÁNÍ PŘÍŘEZŮ

V této kapitole je představeno dřevo jako zpracovávaný materiál, jeho struktura a vlastnosti a chování při obrábění. Poté je podrobněji popsán pracovní proces výroby přířezů.

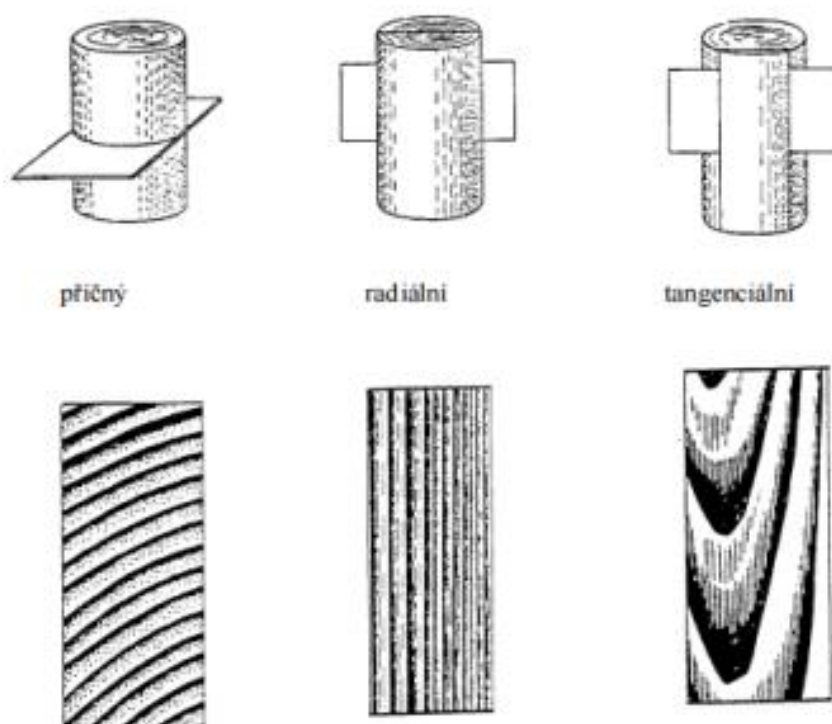
### 2.1 Dřevo

Dřevo je organický materiál, který vzniká činností mizového pletiva (kambia) dřevnatých rostlin při růstu kmenů, větví a kořenů do délky a tloušťky. Dřevo obecně se skládá z buněk, které tvoří skupiny (pletiva). Po stránce chemické se jedná o materiál lignocelulózový, tj. polysacharidická složka je představena celulózou, hemicelulózou a v malé míře i pektinovými látkami a ligniny, které slouží jako aromatické složky [3][7].

Dřevo má rozdílnou strukturu a vlastnosti v různých směrech své struktury. Buňky, které dřevo tvoří, jsou zpravidla protáhlé, orientované rovnoběžně s osou kmene, či větve a upořádané koncentricky okolo. Díky tomuto se dá dřevo označit jako anizotropní materiál [7].

Na dřevě je možno provádět několik různých řezů, které je možno vidět na Obr. 1), tyto řezy jsou:

- Příčný (transverzální) – řez je vedený kolmo na osu kmene, nebo větve.
- Radiální (podélný středem) – řez je vedený osou kmene.
- Tangenciální (podélný tečnový) – řez je rovnoběžný s osou kmene, ale veden mimo ni.



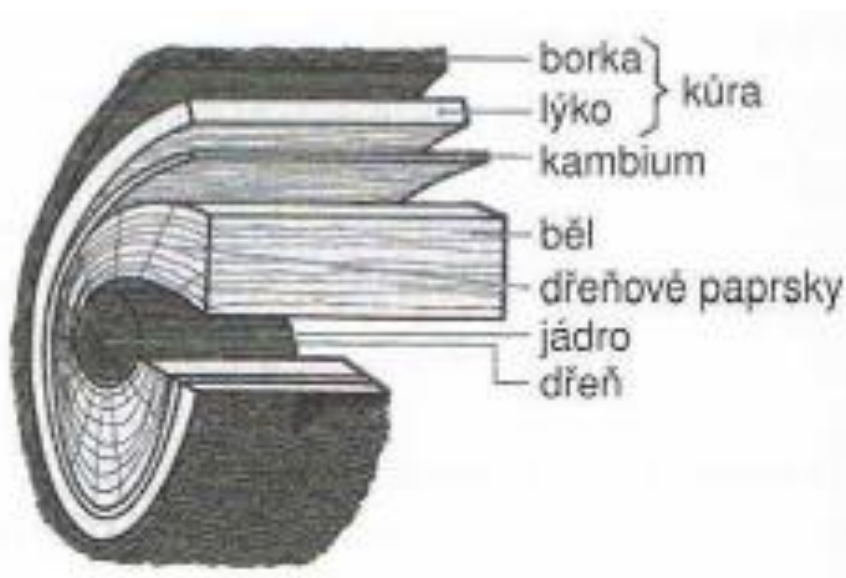
Obr. 1) Základní řezy dřeva [7]

### 2.1.1 Stavba dřeva

#### Makroskopická stavba

Touto stavbou se rozumí vše, co jde na dřevě zpozorovat pouhým okem, nebo pomocí lupy, jako třeba na Obr. 2). Makroskopická stavba má tyto části [7]:

- Letokruhy – je to přírůstek dřeva za jeden rok, to se rozděluje na jarní a letní dřevo,
- Dřeň – je podstatně měkčí než okolní dřevo a má odlišnou barvu
- Dřeňové paprsky – tenké lesklé čárky probíhající od dřeně, nebo letokruhů k lýku
- Jádru – jsou to vnitřní partie kmene, ve kterých již neprobíhá transport vody a zásobních látek.
- Vyzrálé dřevo – jako u jádra, zde už také nedochází k transportu vody a živin
- Běl – jsou to venkovní partie kmene (mezi jádrem a kambiem), probíhá zde transport vody a zásobních látek.
- Kambium – je dělivé pletivo, na jedné straně přirůstá dřevo a na druhé přirůstá lýko.



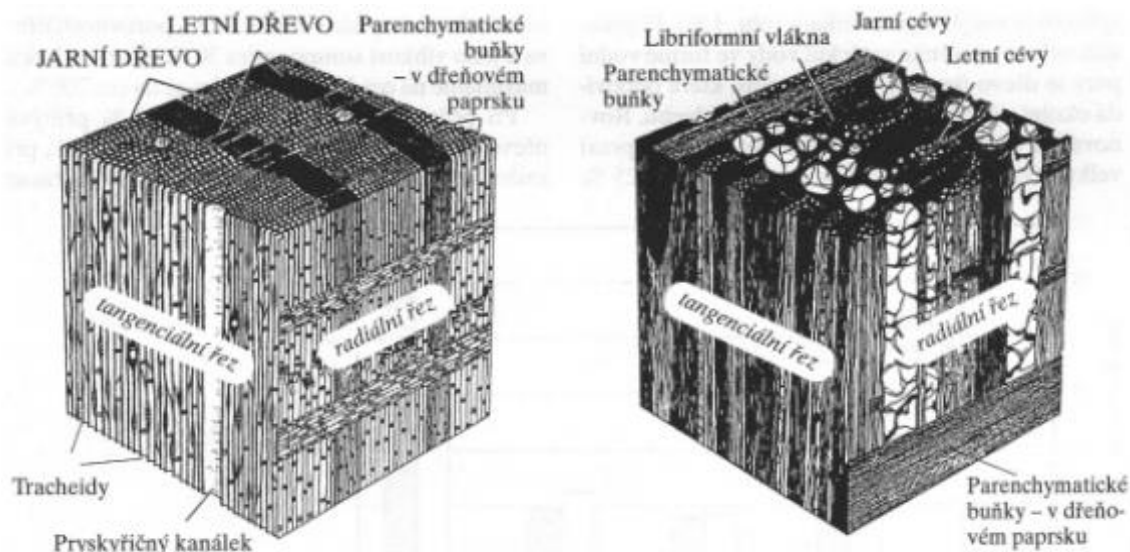
Obr. 2) Složení kmene [7]

#### Mikroskopická stavba

Tato struktura je zobrazena na Obr. 3) a je pozorovatelná pomocí pod světelným mikroskopem, tyto části se dají zpozorovat [7]:

- Libriformní vlákna – jsou to odumřelé buňky, které vyztužují dřevo a dodávají svým tvarem pevnost.
- Tracheje a tracheidy – tracheje jsou u listnatých dřevin a slouží k rozvádění vody a živin. Jehličnany mají tracheidy.
- Tečky a dvojtečky – jsou to ztenčeniny buněčných stěn u jehličnanů a významně ovlivňují jejich propustnost kapaliny a tím i možnost impregnace.

- Parenchymatické buňky – nacházejí se převážně v dřeňových paprscích, jsou živé a obsahují cytoplazmu, rezervní látky a různé produkty výměny.



Obr. 3) Mikroskopická stavba dřeva [7]

### 2.1.2 Vlastnosti dřeva

Mechanické vlastnosti se určují pomocí schopností materiálu bránit se vnějším silám. Tím, že je dřevo anizotropní materiál, tak má v každém směru jiné vlastnosti. Z toho vyplývá, že ve směru vláken (podélná osa) je pevnější, než v kolmém směru.

Dále se mechanické vlastnosti dají rozdělit do tří skupin: základní, odvozené a technologické. Do první skupiny, tedy základní, patří pružnost, pevnost a plasticita dřeva. Do odvozených vlastností spadá tvrdost, odolnost proti trvalému zatížení, odolnost proti tečení a odolnost proti únavovému lomu. Štípatelnost, impregnovatelnost, ohybatelnost a opotřebovatelnost patří do skupiny technologické [7].

### 2.1.3 Obrábění dřeva

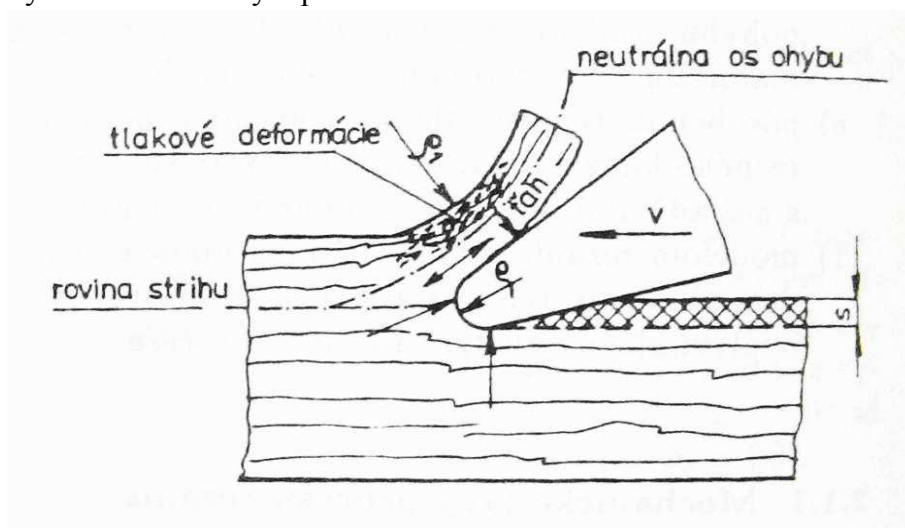
Řezání dřeva je složitý proces. Náročnost tohoto postupu se dá shrnout do několika bodů [7]:

- Dřevní materiál má buněčnou strukturu, která je složitá s různými vlastnostmi, a to ovlivňuje technologii řezání.
- Tlak vznikající mezi dřevem a řezným klínem zapříčiňuje tření, dochází k ohřevu okolí a tím se mění i vlastnosti zpracovávaného materiálu a řezného klínu.
- Deformace dřevních částí v oblasti řezné hrany se změnou hustoty dřeva způsobuje napjatost v částicích řezného klínu.
- Jak bylo zmíněno, dřevo je anizotropní materiál a díky tomu při zpracování vznikají třísky o různé tvrdosti a to ovlivňuje energii a kvalitu procesu.
- Díky působení teploty, tlaku, vlhkosti a pohybu vznikají nežádoucí jevy jako elektrický, chemický a elektrochemický. Tyto jevy nepříznivě ovlivňují povrch řezného klínu.

### Mechanický jev procesu řezání

Průběh řezání dřeva má několik fází, podle Obr. 4) jsou to [7]:

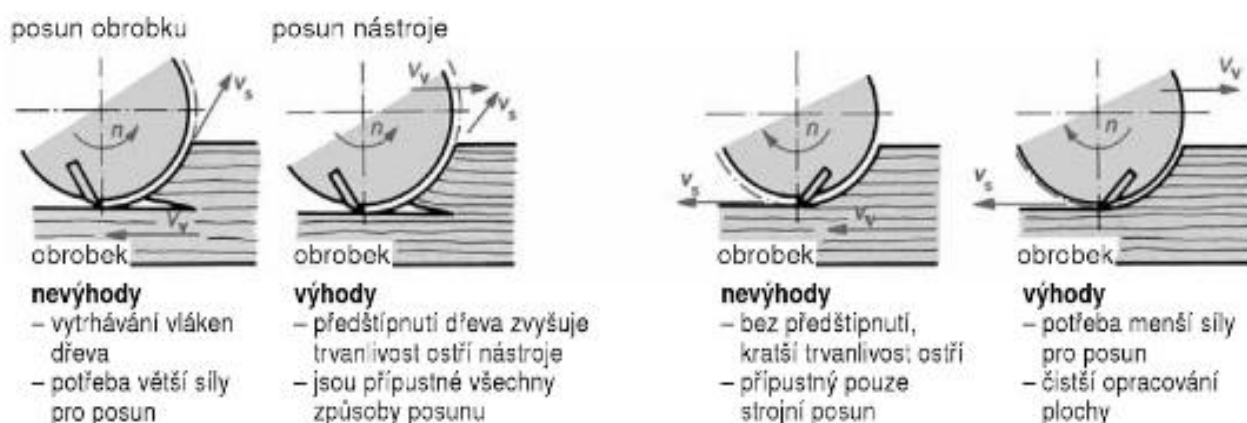
- Počáteční ohybová deformace stěny buňky v mezích pružnosti.
- Zborcení buněk a přesunutí buněčných stěn k sobě.
- Postupná tlaková deformace (přechod z pružné na plastickou) přesunutých buněčných stěn s konečným přestřihnutím.



Obr. 4) Ukázka řezání dřeva [7].

### Řezný pohyb a kvalita povrchu

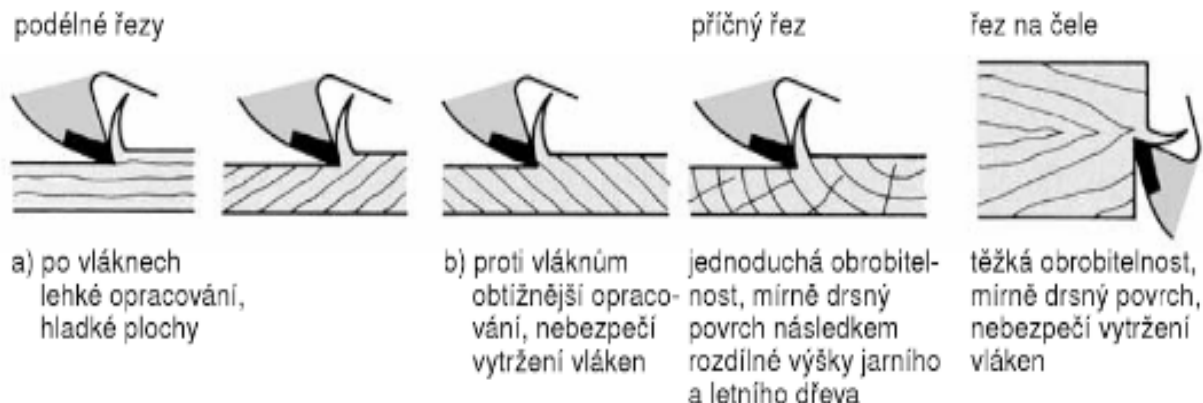
U obrábění dřeva se postupuje stejně jako u obrábění kovů, pohyb může být sousledný, nebo nesousledný. Nástroje se mohou pohybovat po kruhové dráze (rotační pohyb), přímočaře, cyklicky, nebo ve vratném pohybu. Na Obr. 5) je nástroj s rotačním pohybem [2].



Obr. 5) Ukázka pohybů obrobku a nástroje s popisem výhod a nevýhod [2].

Po provedení řezu by měl být povrch obrobku natolik rovný a hladký, aby nebylo třeba provádět další operaci. Nástroje, které vykonávají vratný pohyb, může dojít k vytření vláken a tím zhoršení povrchu obrobku. Naopak nástroje, které vykonávají rotační pohyb,

jako jsou pilové kotouče, pracují čistěji. Kvalita povrchu u těchto rotačních nástrojů se dá zlepšit zvýšením řezné rychlosti. Na Obr. 6) je znázornění záběru nástroje [2].



Obr. 6) Ukázka záběru nástroje vzhledem k vláknům v materiálu [2].

## 2.2 Zpracování přířezů

Přířezem je označován polotvar vyráběný z prken. Jedná se o první proces zpracování hrubého řeziva.

### 2.2.1 Rozdělení přířezů

Přířezy jsou polotovary ze dřeva, mají daný stupeň rozměrového a tvarového opracování. Podle těchto stupňů se dají přířezy rozdělit na neopracované a opracované a podle materiálu.

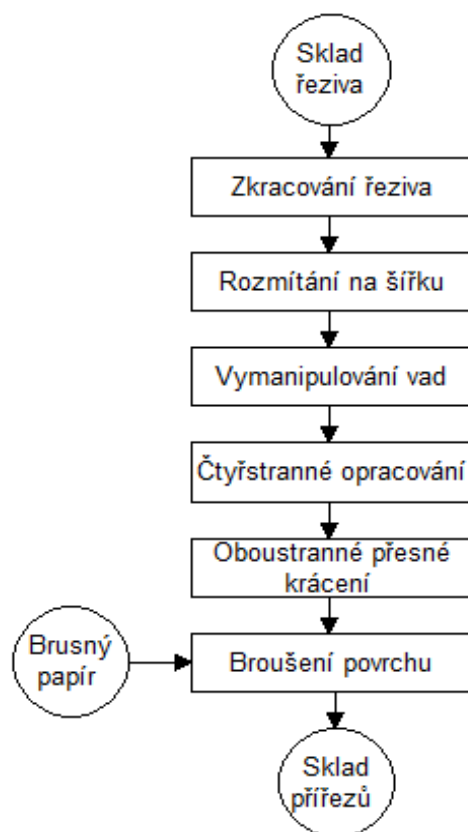
Neopracované přířezy mají rozměr větší o přídavek postačující pro další opracování. Opracované přířezy mají obvykle finální tvar a rozměr, který obvykle může být větší jen o přídavek pro broušení.

Podle materiálu jsou přířezy jehličnaté a listnaté. První zmíněné se vyrábí ze smrku, jedle, borovice, modřínu atd. Druhá kategorie se dá rozdělit na tvrdé přířezy, ty se vyrábí z buku, dubu, jasanu, javoru, akátu a habru atd. a měkké přířezy, ty jsou produktem z lípy, olše, topolu a osiky [1].

Opracované přířezy jsou základní surovinou pro mnoho produktů kolem nás, např. eurohranoly pro výrobu dřevěných oken, spárové desky, ale i jednotlivé díly dřevěných hraček vyráběných v malých i velkých sériích, až po domácí či zahradní nábytek.

### 2.2.2 Technologie výroby přířezů

Řezivo, které je používané pro výrobu přířezů, musí mít požadovanou vlhkost, obvykle v rozmezí 6 až 12% v závislosti na produktu. [1]. Blokové schéma výroby přířezů je znázorněno na Obr. 7).



Obr. 7) Schéma výroby přířezů [1].

Výroba přířezů může být prováděna ve dvou variantách [1]:

- Způsob příčně podélný – řezivo je prvně zkráceno na délku a poté se rozřezává podélně na hrubou šířku.
- Způsob podélně příčný – jedná se o opak prvního způsobu. Řezivo je nejdříve podélně rozmítáno a následně se krátí na délku.

V praxi se používá převážně prvního způsobu, protože ten je méně pracný a je jednodušší manipulace se zpracovávaným materiálem a není potřeba tak velká výrobní plocha jako u druhého způsobu zpracování. Ovšem v některých případech mohou být tyto způsoby i kombinovány [1].

Níže budou popsány procesy, které jsou zobrazeny na Obr. 7).

### 2.2.3 Hrubé zkracování řeziva

Tato operace slouží k zkrácení čel a řeziva na účelovou délku, tím pádem se usnadní i manipulace s materiálem u dalšího zpracování. Zkrácení a zkrácení probíhá na zkracovací pile horní, nebo spodní. Na kvalitu řezu nejsou kladeny žádné zvláštní požadavky [1].

#### **2.2.4 Řezání na hrubou šířku**

Účel této operace je omítnout řezivo a rozmítnout jej na přířezy o požadované šířce. Dále se v této operaci provede i vyřezání středů, které nejsou žádoucí pro další výrobu. Řezání na hrubou šířku se provádí na jedno či vícelistých rozmítacích kotoučových pilách, které jsou osazené kotouči pro podélné řezání. Z tohoto zpracování vznikne neopracovaný přířez [1].

Když se jedná o přířezy malých rozměrů je cílem již v této fázi vytvořit opracovaný přířez alespoň v jednom z jeho rozměrů (šířka, nebo výška), který bude v ideálním případě opracován již jen broušením. To není pro každou výrobu procesně možné. Ovšem u výroby drobných přířezů to obvykle možné je. Tím se významně zvyšuje výtěžnost a šetří se čas. Z tohoto procesu tedy vznikne částečně opracovaný přířez. Právě tato fáze je předmětem práce.

#### **2.2.5 Vymanipulování vad**

Operace slouží k odstranění vad, které nevyhovují kvalitativním požadavkům. Přířezy jsou vizuálně posouzeny obsluhou. V závislosti na druhu výrobku je nevyhovující kus možno dále využít, nebo je možné jej použít u jiné výroby, nebo pokud je kus vyhodnocen jako nevhodný, tak se umístí do odpadu [1].

#### **2.2.6 Čtyřstranné opracování**

Tato operace slouží k úpravě šířky a tloušťky přířezů. Za tímto účelem jsou používány čtyřstranné tvarovací frézky, které provedou opracování výšky i šířky najednou [1].

Mnohé podniky ale nedisponují těmito speciálními stroji a tato operace se rozděluje na rovnání hrany na „srovnávačce“ a protahování na šířku a výšku. I v případě vyšších nároků na přesnost, nebo v případě špatné přípravy přířezů (křivé), je nutné zvolit dvoufázové opracování. Z tohoto procesu vznikne opracovaný přířez.

#### **2.2.7 Oboustranné přesné zkracování**

V této části dochází k přesnému zkrácení obou čelních ploch [1]. V případě výroby metrážových přířezů (přesná délka není v této fázi důležitá) je tento krok vynechán, nebo zařazen za následující

#### **2.2.8 Broušení povrchu**

U některých přířezů může být požadavek na lepší kvalitu povrchu. Toho se dosahuje za pomoci broušení povrchu. Při této operaci dochází k odstraňování nečistot, nerovností po předchozím zpracování. Výstupem je hladší a rovnější povrch. Celý proces probíhá zpravidla na průběžných širokopásových bruskách, při prvním broušení se používají pásy se zrnitostí 60 až 80 a při druhém broušení zrnitost 80 až 120. Boční plochy přířezů se brousí zpravidla na hranové pásové brusce [1].





### 3 POŽADAVKY NA VÝROBU

Před zahájením průzkumu trhu a hledáním vhodné koncepce stroje je nutné přesně definovat požadavky na výrobu, tedy především maximální a minimální rozměry přířezů:

- Maximální výška přířezu (tloušťka řezaného materiálu): 60mm.
- Maximální šířka přířezu: 80mm.
- Minimální šířka přířezu: 5mm.
- Minimální výška přířezu: 5mm.

Po určení rozměrů je potřeba vzít do úvahy i typickou výrobu přířezů. V případě rozměrů nad 20mm není obvykle kladen vysoký důraz na úsporu materiálu, protože při využití klasických kotoučů je prořez na úrovni 10-15%. Ovšem s klesajícími rozměry a velikostí vyráběných sérií klesá procento využití materiálu a procento prořezu vzrůstá, toto má ekonomický a potažmo i ekologický dopad. Snaha je tedy kladena na zvýšení výtěžnosti tím, že se zmenší prořez a přídavků nutných pro další opracování. To vyžaduje přesný a čistý řez. Z toho lze vydedukovat další požadavky:

- Využití ultratenkých kotoučů menších rozměrů (zvýšení tuhosti)
- Přesně a pohodlně stavitelná opěrná pravítka
- Zajištění přesného vedení i malých přířezů
- Ekonomický provoz (přiměřený výkon)

V rámci ekonomického provozu především při výrobě malých přířezů se jeví zajímavě možnost výroby více přířezů v rámci jedné operace. To vyžaduje možnost osazení více kotouči. Nicméně tato vlastnost není nezbytným požadavkem.

Na závěr je vhodné poznamenat, že aby bylo dosaženo požadované přesnosti, předpokládá se částečné opracování (orovnání) materiálu, ať už je produkt vyráběn na jakémkoliv zařízení. S tímto je nutné počítat během porovnání s dostupnými stroji a při návrhu vhodné koncepce jakožto podmínka usnadnění.



## 4 STROJE KE ZPRACOVÁNÍ DŘEVA

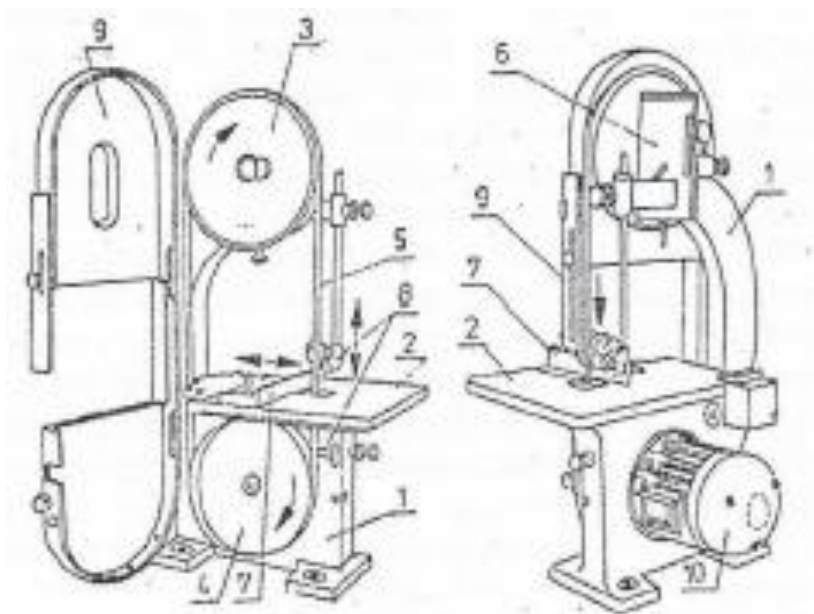
Dřevoobráběcích strojů je na trhu nepřehledné množství druhů a jejich popis a rozbor není předmětem této práce. Jen pro pořádek se dají uvést skupiny strojů pro zpracování dřeva: pily, frézky, soustruhy, vrtačky a dlabačky, brusky a stroje kombinované. Níže jsou popsány jen pily na dřevo, které souvisí s předmětem této práce. Závěr kapitoly je věnován průzkumu trhu a zhodnocení vybraných strojů.

### 4.1 Pily

Tyto stroje se dají rozdělit do tří hlavních skupin. První skupina jsou pásové pily, ty používají k řezání nekonečný pilový pás. Druhá skupina jsou pily kotoučové, které používají pilové kotouče. Třetí skupinou jsou rámové pily, často koncipované jako „jemnořezy“. Pily slouží ke zpracování obrobku pomocí řezání v příčném, nebo podélném směru, dále k výrobě drážek a žlabů [1].

#### 4.1.1 Pásové pily

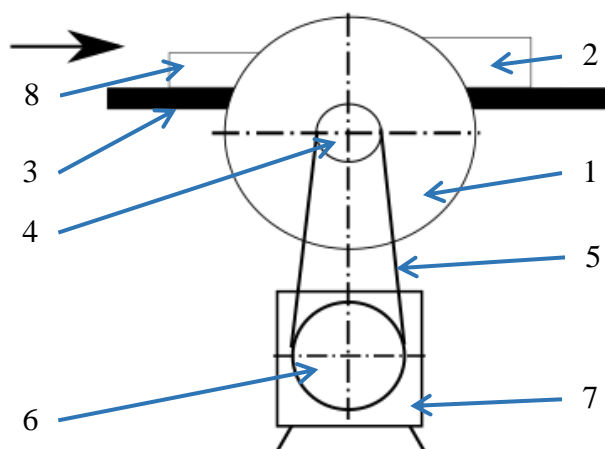
Pásové pily jsou stroje, které převádí rotační pohyb motoru na přímočarý rovnoměrný pohyb pilového pásu v místě řezu. Materiál se do řezacího prostoru dopravuje strojně, nebo ručně. Tyto pily se dají rozdělit na několik podskupin, jako kmenové, truhlářské a rozmítací [1].



Obr. 8) Schéma pásové pily [1]: 1 – rám stroje, 2 – stůl, 3 – horní pásovnice, 4 – hnací pásovnice, 5 – pilový pás, 6 – mechanismus pro naklápění pásovnice a napínání pásu, 7 – pravítko, 8 – vodítka pásu, 9 – kryt stroje, 10 - elektromotor

### 4.1.2 Kotoučové pily

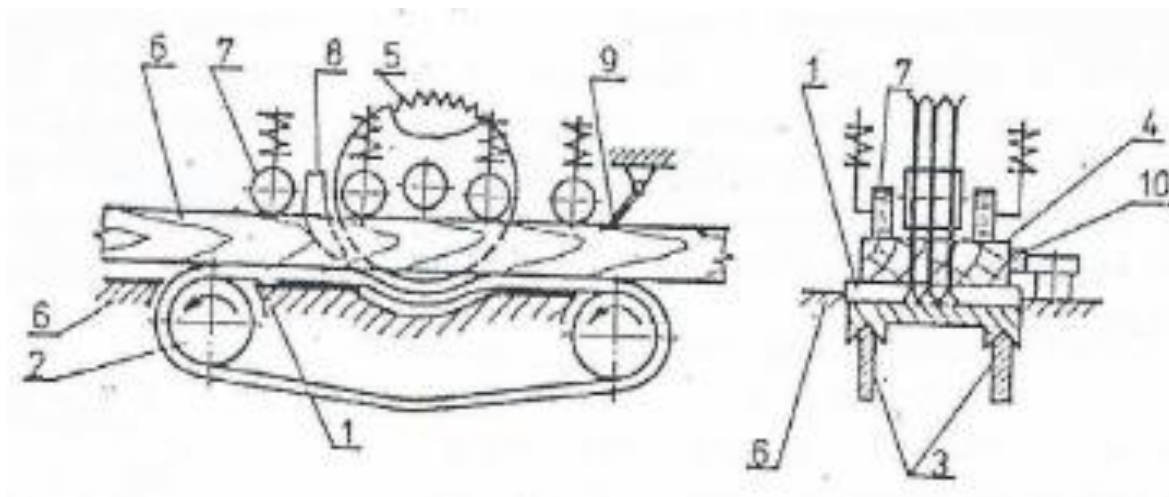
Tato pila používá k řezání pilové kotouče, které se otáčí v jednom směru konstantní rychlostí. Jako u pil pásových je zde materiál do místa řezu dopravován ručně, nebo strojně, je zde i třetí varianta, kdy je materiál stacionární a naopak se pohybuje pilový kotouč [1].



Obr. 9) Schéma kotoučové pily: 1 – pilový kotouč, 2 – obráběný materiál, 3 – stůl, 4 – hnací řemenice, 5 – řemenový pás, 6 – hnací řemenice, 7 – elektromotor, 8 – vodící pravítko.

### 4.1.3 Kotoučové pily rozmítací

Tento typ pily slouží k podélnému řezání materiálu na několik menších částí na jeden průchod strojem. K tomu slouží několik pilových kotoučů se stejným průměrem, které jsou upnuté na jednom hřídeli. Jsou varianty stroje, kde je hřídel s kotouči umístěna nad pracovním stolem, nebo pod ním. Pak existuje i dvouhřídelová varianta, která kombinuje obě předchozí a má tedy hřídel nad pracovní plochou i pod ní [1][20].



Obr. 10) Schéma rozmítací pily s horním umístěním hřídele [1]: 1 – článkový posouvací pás, 2 – hnací řetězové kolo podávacího pásu, 3 – vedení podávacího pásu, 4 – obráběný materiál, 5 – pilové kotouče, 6 – stůl stroje, 7 – přítlačný válec, 8 – rozevírací klín, 9 – záchyty zpětného vrhu, 10 – vodící pravítko.

#### 4.1.4 Kotouče

Kotouče jsou nástroje používané u kotoučových pil pro řezání dřeva. Materiál těla kotouče může být z oceli a nemusí se shodovat s materiálem zubů. Ty jsou umístěny po obvodu těla. Pilové kotouče se rozlišují podle průměru, počtu a tvaru zubů a dle použitého materiálu.

Kotouče se dají rozdělit do dvou skupin, podle pilových zubů [6]:

- Jednodílné ocelové kotouče – tělo i zuby kotouče jsou vyrobené z jednoho kusu oceli za pomoci lisování, díky tomu je stejná tloušťka po celém kotouči a zuby musí být rozvedeny.
- Pájené pilové kotouče – na ocelové tělo kotouče jsou dodatečně přidělány zuby ze slinutého karbidu, nebo polykrystalického diamantu, za pomoci pájení a lepení. Zub je širší než tělo kotouče a proto není potřeba, aby byly zuby rozvedeny. Tvary všech používaných zubů jsou na Obr. 11).

Dále se dají kotouče dělit i podle tloušťky od extra silných po ultra tenké. Díky novým technologiím a moderním výrobním procesům je možné vyrábět tenčí a vyváženější kotouče. Díky tomu se zmenšuje prořez a zvyšuje výtečnost.

	<b>FZ</b>	rovný zub		<b>TFZ</b>	trapezový zub střídavě s rovným zubem
	<b>FZ N</b>	rovný zub s negativním úhlem čela			
	<b>LFZ</b>	rovný zub s omezovačem úběru třísky		<b>TFZ N</b>	trapezový zub střídavě s rovným zubem s negativními úhly čela
	<b>WZ</b>	střídavý zub		<b>DHZ</b>	rovný dutý zub střídavě se střechovitým dutým zubem
	<b>WZ N</b>	střídavý zub s negativním úhlem čela			
	<b>LWZ</b>	střídavý zub s omezovačem úběru třísky		<b>DHZ N</b>	rovný dutý zub střídavě se střechovitým dutým zubem s negativními úhly čela
	<b>TZ</b>	trapezový zub		<b>KON</b>	kónický zub

Obr. 11) Tvary zubů u pilových kotoučů a jejich popis [10].

Různé druhy zubů mají různé vlastnosti při zpracování specifického materiálu a jsou proto nejvhodnější k použití. Níže je uvedený přehled, který uvádí, k čemu se jednotlivé ozubení dá použít [6]:

- Ozubení s rovným hřbetem – používá se na podélné řezání měkkého i tvrdého dřeva. Mezi zuby je někdy umístěn omezovač třísky. Ten redukuje velikost třísky, která je odebrána z materiálu jednotlivými zuby a tím zvyšuje bezpečnost práce.
- Ozubení se střídavými šikmými hřbety – hřbety zubů jsou střídavě zkoseny. Tento typ ozubení se používá na kotoučích, které se označují jako univerzální pilové kotouče. Tak je možno je použít na podélné i příčné řezy u většiny dřevěných materiálů.
- Trapézové (lichoběžníkové) ozubení – ozubení slouží především k řezání plastů, nebo lakovaných materiálů. Provedený řez je hladký.
- Střídavé ozubení s rovným hřbetem a trapézovým zubem – spojením lichoběžníkových a rovných zubů se hodí především na dělení desek. Při použití

kotouče s tímto ozubením se dá dosáhnout hladkých hran a navíc dochází k úplnému odvodu třísek pomocí plochých zubů.

- e) Střídavé ozubení s vydutým a lichoběžníkovým zubem se špičkou – toto ozubení je vhodné pro řezání laminových desek, díky tvaru zubů nedochází k vyštípnutí materiálu. Tyto kotouče se nazývají formátovací.
- f) Kónické ozubení – používá se u pilových kotoučů, které slouží jako předřezové pro formátovací kotouče, aby nedocházelo k vyštípnutí materiálu na spodní straně laminátové desky.

## 4.2 analýza trhu, srovnání strojů

### 4.2.1 Grizzly G0524

Grizzly je americká strojní firma, která byla založena v roce 1983 a zabývá se výrobou dřevoobráběcích strojů, i strojů na opracování kovů [14].

Stroj G0524 od firmy Grizzly je malá jednokotoučová pila s hřídelí uloženou nad pracovní deskou, ta má rozměry 1340x940mm. Materiál je dopravován pomocí podávacího pásu, který je podélně dělený na 2 segmenty a pilový kotouč zasahuje do dělicí mezery, aby mohl dopravovanou desku rozříznout v celé její výšce. Bezpečnostní zarážky, proti zpětnému vrhu jsou umístěny na horní části zařízení.



Obr. 12) Stroj Grizzly G0524 [14]

Tab 1) Parametry stroje Grizzly G0524 [14]

Parametry	Hodnoty	Jednotky
Hlavní motor	11	kW
Motor podavače	1,5	kW
Výška řezu	100	mm
Šířka řezu	450	mm
Max. průměr kotouče	303	mm
Otáčka vřetena	4500	ot/min

#### 4.2.2 Diehl SL-30 Straight Line Rip Saw

Diehl je také další americkou firmou založenou v roce 1909, na rozdíl od firmy Grizzly se tato firma zaměřuje pouze na stroje ke zpracování dřeva [15].

Zařízení SL-30 Straight line rip saw je stejné koncepce jako předchozí pila G0524. S tím rozdílem, že tato pila má vřeteno umístěno pod pracovním stolem, který má rozměry cca 1700x1500mm. Jedná se tedy o trochu větší stroj. Oproti firmě Grizzly má zarážky proti zpětnému vrhu umístěné na pracovním stole i na horní části zařízení.



Obr. 13) Stroj Diehl SL-30 Straight Line Rip Saw [15]

Tab 2) Parametry stroje Diehl SL-65 Straight Line Rip Saw [15]

Parametry	Hodnoty	Jednotky
Hlavní motor	11	kW
Motor podavače	1	kW
Výška řezu	64	Mm
Šířka řezu	482	Mm
Max. průměr kotouče	406	Mm
Otáčka vřetena	3450	ot/min

#### 4.2.3 TOS Svitavy PWR 201

TOS Svitavy zastupuje tuzemského výrobce rozmítacích pil. Firma byla založena v letech 1948. Její portfolio výrobků zasahuje jak do dřevobráběcích strojů, tak i do strojírenství [13].

Pila PWR 201 je jako jediná uzavřená a má hřídel, na kterou je možno upnout více pilových kotoučů, díky tomu je možné na jeden průchod strojem rozřezat desku na více částí. Stroj je koncipován podobně jako od firmy Grizzly - vřeteno umístěno nad stolem a materiál je dopravován prostřednictvím podávacího pásu. Na rozdíl od předchozích strojů není pás podélně dělený, aby mohli kotouče řezat v drážce, místo toho je vedení pásu v místě řezu sníženo a díky tomu mohou pilové kotouče proříznout celý materiál, bez kontaktu s podávacím pásem.



Obr. 14) Stroj TOS Svitavy PWR 201 [13]

Tab 3) Parametry stroje TOS Svitavy PWR 201 [13]

Parametry	Hodnoty	Jednotky
Hlavní motor	18,5	kW
Motor podavače	1,5	kW
Výška řezu	120	Mm
Šířka řezu	670	Mm
Max. průměr kotouče	350	Mm
Otáčka vřetena	4200	ot/min



#### 4.2.4 OAV Equipment YFR-303S

OAV Equipment jako jediný ze zahraničních výrobců není z Ameriky, její sídlo se nachází na Tchaj-wanu a byla založena v roce 1980 a jako firma Grizzly se zabývá konstrukcí strojů na dřevo i kov [16].

Stroj YFR-303S je podobné konstrukce jako zařízení od firmy Grizzly. Vřeteno je také umístěno nad pracovní plochou a upnutý pilový kotouč prochází drážkou v podávacím pásu. Pracovní stůl má rozměry 1310x780mm. Oproti konkurenčnímu Grizzly má v horní části stroje umístěné sadu dvou zábran proti zpětnému vrhu.



Obr. 15) Stroj OAV Equipment YFR-303S [16]

Tab 4) Parametry stroje OAV Equipment YFR-303S [16]

Parametry	Hodnoty	Jednotky
Hlavní motor	7,5	kW
Motor podavače	1,5	kW
Výška řezu	85	mm
Šířka řezu	400	mm
Max. průměr kotouče	303	mm
Otáčka vřetena	4200	ot/min

#### 4.3 Zhodnocení a výsledky

Výše uvedené stroje jsou svou konstrukcí koncipovány na klasické zpracování řeziva. Tři zmíněné stroje mají vřeteno umístěno nad pracovní deskou a všechny zařízení mají podávací pás, který slouží k dopravě materiálu.

S přihlédnutím k parametrům sepsaným v kapitole 7 lze vyvodit, že maximální rozměry jsou splněny. Při detailnějším zkoumání strojů se dá pochybovat o bezproblémovém zpracování jednostranně minimálního rozměru. U výše vypsanych strojů nejsou minimální rozměry obrobku specifikovány, tak podle použitého příslušenství – jako jsou podávací pás a

přítlačné rolny – nejsou plně vhodné pro zpracovávání malých přířezů. Dále ne všechny stroje poskytují možnost osazení vhodnými ultratenkými kotouči pro malé přířezy. Toto jsou zřejmě největší nedostatky. Velkým ekonomickým nedostatkem mohou být příkony hlavních řezných motorů mezi 7,5-18,5kW, které jsou výrazně předimenzované pro zadané výrobky.

Stroj zpracováváný v této práci bude směřovat ke spodní hranici parametrů u zmíněných strojů – řezná výška bude maximálně 60mm, šířka okolo 200-300mm a výkon motoru mezi 2,2kW-4kW. Detailní parametry a především výkony motorů budou stanoveny na základě provedených výpočtů a zkušeností.

Dále bude navrhovaný stroj konstruován podobným způsobem jako Diehl SL-30 Straight Line Rip Saw. Tento stroj má jako jediný z výše zmíněných vřeteno umístěno pod pracovní deskou. Díky tomu, že využívá pro posuv materiálu podávací pás, je možnost osazení pouze jediným pilovým kotoučem. Pás poskytuje dobrý tah i vedení materiálu do místa řezu, ale pro úzké přířezy je nevhodný.

Navrhovaný stroj využije pro dopravu materiálu podávacích válců umístěných v horní části stroje. Deska stolu bude rovná. Pilový kotouč bude řezat skrze výměnnou masku, což sníží riziko propadnutí, či zaklínění materiálu. Také bude možnost osadit vřeteno více pilovými kotouči, což u některé výroby výrazně zvýší produktivitu.

## 5 BEZPEČNOST PRÁCE NA DŘEVOOBRÁBĚCÍCH STROJÍCH

Při práci na dřevoobráběcích strojích, je zvýšené riziko úrazu, protože se okolo stroje pohybuje obsluha a může na stroji probíhat i ruční práce. Proto se na těchto strojích stává větší počet úrazů, než ve strojních dílnách. Je vhodné při práci na strojích pro zpracování dřeva dodržovat všechny potřebné bezpečnostní opatření, které vychází z konstrukce samotného stroje. Dobré je věnovat čas i dalším aspektům spojených se strojem, jako je jeho údržba, volba vhodného řezného nástroje a jeho seřízení. Nejdůležitější složkou je ovšem dobře vyškolená a poučená obsluha, která ví jak stroj používat a i vhodné pracovní pomůcky pro konkrétní stroj [10].

### 5.1 Úrazovost

K největšímu počtu počet úrazů ve dřevařské dílně dochází při práci s kotoučovou pilou, což je ovšem způsobeno i tím, že tento stroj je nejrozšířenější a nejčastěji používaný. Vždy musí být sledován technický stav strojů, dále jestli jsou přítomné všechny bezpečnostní prvky (rozvírací klín, kryty, prvky proti vystřelení, atd.). Vše z důvodu, aby nedošlo k úrazu, nebo aby byla minimalizována šance úrazu špatnou manipulací s materiálem, strojem, či špatným proškolením pracovníka [10].

Úrazovost předně ovlivňuje [10]:

- Vysoká obvodová rychlost nástroje
- Nestejnorodá kvalita dřeva
- Ruční posuv materiálu

### 5.2 Bezpečnost provozu na pásových pilách

Pro zajištění bezpečné práce na pilách s pilovým pásem je potřeba spustit vedení pásu co nejnižší k obrobku. Při řezání a obloukových řezech musí být obrobkem do místa řezu posouván rovnoměrnou rychlostí. Dále je třeba se vyhnout zpětnému vytahování obrobku, protože by mohlo dojít k vytlačení pilového pásu mimo pásovnici. Dlouhé dílce je nutno zajistit proti převrnutí z pracovního stolu – podpěry a nástavce pomáhají snížit toto nebezpečí. U vysokých příčných řezů je riziko úrazu vyšší, díky možnosti vzpříčení materiálu a následným převrácením. Kruhové dílce mají tendenci se při řezání otáčet, a proto musí být uloženy v rozměrově odpovídajícím přípravku s drážkou, díky čemuž se zamezí protáčení [1].

#### 5.2.1 Základní bezpečnost na pásových pilách

Za nejdůležitější pravidla lze považovat následující [12]:

- Pilový pás musí být po celém obvodu chráněn krytem. Nekrytá je pouze ta část pilového pásu, která je v přímém styku s obráběným materiálem.
- Pásovnice musí být řádně vyváženy, aby byl zaručen nehlučný a bezpečný chod stroje.
- Při práci se nesmí používat pilové pásy, které jsou tupé, chybně spojené, natržené, nesprávně rozvedené.

- Při řezání dlouhých dílců je nutné používat opěrné válečkové stoly a stojany, při dořezávání obráběného materiálu posuvné lišty (přípravku).
- Vodítka pilového pásu se umístí co nejbližší řezanému materiálu. Vodítka se nastavují pouze při vypnutém stroji.
- Kulaté profily se nesmí řezat volně, ale pomocí profilového přípravku, který je opatřený protiskluzovým povrchem, aby nedošlo k přetočení obrobku.
- Úzké pilové pásy se používají pouze na vykružování.
- Při manipulaci s pilovým pásem je nutné dodržovat zásady stanovené v technické dokumentaci dodávané se strojem.

### 5.3 Bezpečnost provozu na kotoučových pilách

Aby byl provoz kotoučových pil co nejbezpečnější, byly vydány normy, které určují bezpečnostní požadavky. Logicky nejvíce nebezpečnou částí na kotoučových pilách je kotouč samotný. Nástroj musí být správně seřízen, aby měl co nejmenší výkyvy do stran. Zuby na pracovním kotouči musí být rovnoměrně rozvedeny a žádný nesmí chybět [10].

Už samotné upnutí kotouče je velmi důležité. Upnutí se skládá z upínacích přírub, které díky svému většímu průměru zajišťují bezpečné upnutí nástroje. Dosedací plochy pro obě příruby musí být stejné. Matice pro upínání musí mít stoupání závitu proti směru otáčení kotouče, aby nedošlo k jeho uvolnění [10].

Jsou určité požadavky, které jsou kladeny na určité části strojů, jako stojany, stoly, pohony, ovládací prvky a příslušenství. Stojany mohou být svařované, nebo odlévané. Jejich nejdůležitějšími vlastnostmi jsou stabilita a pevnost. Stoly by měli být dostatečně dlouhé, pevné a hladké pro dobrou manipulaci s materiálem. Vhodná výška stolu je okolo 850mm. Pro pohonné jednotky obecně platí, že musí být zamezený veškerý kontakt vhodnými kryty. Spínací prvky nesmí být níže než 600mm nad zemí [10].

#### 5.3.1 Základní bezpečnost na kotoučových pilách

Za nejdůležitější pravidla lze považovat následující [12]:

- Používat pilové kotouče vhodné pro opracováváný materiál a pracovní postup.
- Používat pouze dobře naostřené, rozvedené, nepoškozené a nedeformované pilové kotouče.
- Pokud mají destičky z tvrdokovu, nesmí chybět, ani být uvolněné.
- Nepřekračovat nejvyšší přípustný počet otáček a nastavit správnou řeznou rychlost.
- Zkontrolovat nastavení rozvíracího klínu (max. vzdálenost od pilového kotouče je 10 mm), ochranný kryt podle tloušťky obrobku u univerzálních (stolových) pil a výšky pilové kotouče nad pracovním stolem (tloušťka materiálu + výška zubů).
- Při podélném řezání dlouhého materiálu použít přídatné stoly, aby při posuvu nedocházelo k namáhání pilového kotouče na ohyb.
- Pracovník při řezání nesmí stát v rovině pilového kotouče, řezaný materiál nesmí do řezu tlačit tělem. Měl by používat krátkou vyztuženou zástěru k ochraně břišní části trupu.

- Při řezání kulatých profilů, krátkých dílců nebo malých tvarovaných dílců používat pomůcky nebo přípravky zabraňující jejich přetočení, překlopení a bezpečný posuv do řezu.
- Při ručním posuvu materiálu nepoužívat rukavice.

### 5.3.2 Ochranné kryty pilového kotouče

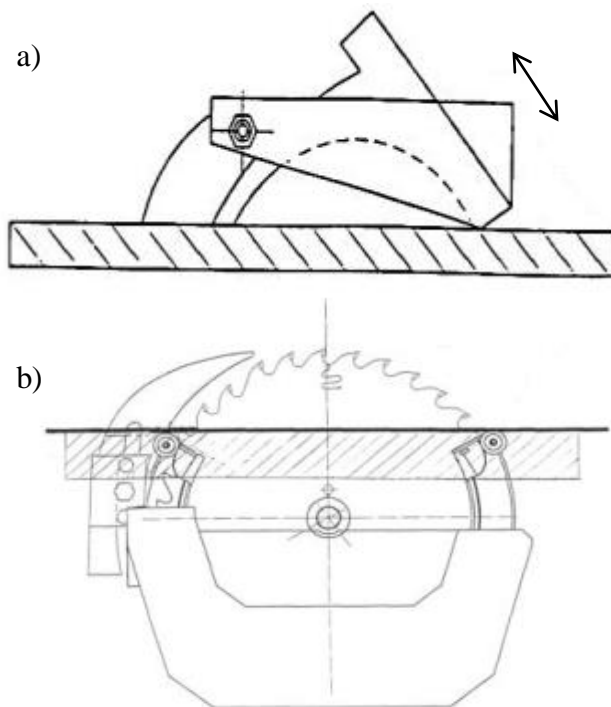
Stolní kotoučové pily, kde se materiál dopravuje ručně, musí mít ochranné kryty pilového kotouče. První kryt je pod pracovním stolem, zde musí být dost místa pro propadávání pilin a třísek a pro jejich odtah. Druhý kryt je umístěný nad kotoučem a při řezání je i nad zpracovávaným materiálem, aby nedošlo ke kontaktu. Tento kryt může mít pevnou výšku, nebo je nadzvedávaný řezaným materiálem [2]. Oba kryty jsou na Obr. 16).

Horní ochranný kryt slouží k těmto věcem [2]:

- Chrání před odletujícími třískami.
- Brání před úrazem, když by došlo k roztržení kotouče.
- Zabraňuje styku obsluhy s pilovým kotoučem, jak za chodu, tak i za klidu stroje.

Na horní ochranný kryt pro kotouč je kladeno několik požadavků [2]:

- Musí se dát rychle přenastavit pro různé průměry kotouče.
- Obvykle se kryt upevňuje na rozvírací klín, to je ovšem možné pouze pro kotouče do průměru 630mm.
- Šířka krytu musí být dostatečná, aby při jeho největším vychýlení (5mm) nedošlo ke kontaktu mezi kotoučem a ochranným krytem.
- Při řezání materiálu podle rysky, musí být vidět oblast řezu, jinak musí být kryt opatřen ryskou.



Obr. 16) a) horní kryt, který je nadzvedávaný, b) spodní kryt pilového kotouče [17].

### 5.3.3 Ochrana proti zpětnému vrhu

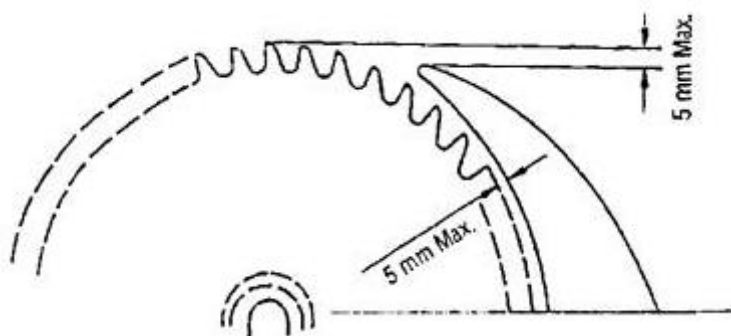
Kotoučové pily skrývají jedno velké nebezpečí a to je zpětný vrh řezaného materiálu. Tento jev vzniká v ten moment, když kotouč sevře materiál za místem řezu. Z toho důvodu jsou pily s ruční dopravou dřeva opatřovány tzv. rozvírácím klínem. Ten zabráňuje již zmíněnému sevření pilového kotouče a tím znemožňuje zpětnému vrhu proti obsluze stroje [2].

Při použití nového kotouče s menším průměrem, je dle potřeby nutno nainstalovat i nový rozvírací klín s menším poloměrem zaoblení. Nově se musí nastavit i vzdálenost mezi kotoučem a klínem, aby mezi nimi byla předepsaná vzdálenost a nedotýkaly se [1].

Schéma a nastavení rozvíracího klínu je vidět na Obr. 17).

Rozvírací klín musí splňovat tyto pravidla [2]:

- Musí být zkonstruován z ocelového plechu.
- Jeho nastavení a upevnění musí být provedeno přesně v rovině pilového kotouče.
- Rozvírací klín musí mít tloušťku 0,1 až 0,3mm menší, než řez, který je proveden pilovým kotoučem.
- Z důvodu lepšího posunu materiálu musí být náběhové hrany mírně zkoseny
- Povrch rozvíracího klínu musí být hladký.



Obr. 17) Schéma a nastavení rozvíracího klínu [17]

## 6 VÝPOČTOVÁ ČÁST

Aby bylo možné pilu dobře zkonstruovat, musí být provedeno několik výpočtů, řezné síly, hřídele, pohon. To bude provedeno v následujících kapitolách.

### 6.1 Zvolení nástroje

Před zahájením všech výpočtů je nejprve potřeba zvolit výchozí pilový kotouč. Pro který budou spočítané parametry potřebné pro návrh koncepce jednotlivých částí stroje. Jsou navrženy dva výchozí typy kotoučů:

- Kotouč pro rozmítací stroje
- Ultratenký pilový kotouč

#### 6.1.1 Pilový kotouč pro rozmítací stroje

Tento pilový kotouč s břitovými destičkami je určený především pro rozmítací stroje. Svými parametry, jako maximální výškou řezu (65mm), je vhodný pro použití na našem stroji, kde bude maximální řez ve výšce 60mm. Tento kotouč bude vstupovat do výpočtů.



Obr. 18) Pilový kotouč SK 250x2,7/1,8x30 5394.1 20+4 WZ – EFFECTIVE [19]

Tab 5) Parametry rozmítacího kotouče

Parametry kotouče	Hodnoty	Jednotky
Vnější průměr	D=250	mm
Upínací průměr	d=30	mm
Tloušťka těla	s=1,8	mm
Šířka zubu	b=2,7	mm
Počet zubů	z=20	-
Počet vyklízacích zubů	zv=4	-
Úhel čela	$\gamma=20$	°
Max. otáčky vřetene	7640	min <sup>-1</sup>
Max. výška řezu	65	mm

### 6.1.2 Ultratenký pilový kotouč

Jak už bylo zmíněno, tak ultratenké kotouče snižují prořez a tím se zvyšuje výtěžnost. Byl vybrán kotouč s břitovými destičkami, přičemž vnější a upínací průměr kotouče jsou shodné s kotoučem zmíněným výše. To z toho důvodu, aby bylo možné upnutí na stejnou hřídel. Osadit a provozovat bude možné i menší průměry kotoučů, které mají dále menší prořez. Maximální výška řezu ale již bude omezená.



Obr. 19) Pilový kotouč SK 250x1,8/1,3x30 5383 40 LWZ - ULTRA tenký[22]

Tab 6) Parametry ultratenkého kotouče

Parametry kotouče	Hodnoty	Jednotky
Vnější průměr	D=250	mm
Upínací průměr	d=30	mm
Tloušťka těla	s=1,3	mm
Šířka zubu	b=1,8	mm
Počet zubů	z=40	-
Max. otáčky vřetene	9500	min <sup>-1</sup>

## 6.2 Výpočet řezných sil

Při obrábění břitem nástroje se materiál obrobku při oddělování třísky brání a vzniká řezný odpor. Řezný odpor je reakcí na řeznou sílu a má proto stejnou velikost, ale opačný směr.

Celková řezná síla se skládá z těchto složek:

- Síly nutné k vlastnímu rozdělení hmoty obrobku břitem za současné deformace hmoty v těsném okolí břitu.
- Síly nutné k odklonění hmoty třísky čelem nástroje.
- Síly potřebné k překonání tření třísky o čelo nástroje.
- Síly překonání tření hřbetu o obrobenou plochu.
- Síly k překonání tření bočních ploch.

Výpočet řezné síly pro dřevěné materiály je poněkud odlišný od výpočtu řezné síly pro kovové materiály, ovšem princip zůstává stejný. Vzorce jsou čerpány z [4][7].



Pro výpočet řezné síly musíme znát některé parametry stroje, které je třeba navrhnout před zahájením výpočtů, což bylo provedeno v kapitole – požadavky na výrobu. Jako druhou věc je potřeba znát nástroj, který bude použitý pro obrábění. Ten byl zvolen v kapitole 6.1.

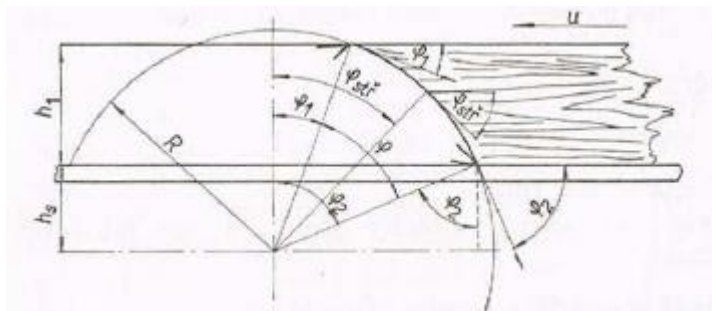
Výpočet obvodové rychlosti:

$$v_k = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000} = \frac{\pi \cdot 250 \cdot 3000}{60 \cdot 1000} = 39,27 \text{ m/s} \quad (1)$$

Rozteč zubů:

$$t = \frac{\pi \cdot D}{z} = \frac{\pi \cdot 250}{20} = 39,27 \text{ mm} \quad (2)$$

Na základě Obr. 20) zjistíme hodnoty  $\varphi_1$  a  $\varphi_2$ . Při uvažování nejvyššího možného materiálu, který je možný kotoučem rozřezat je  $\varphi_1 = 0^\circ$  a  $\varphi_2 = 51^\circ$



Obr. 20) Úhel záběru [4]

Úhel délky záběru:

$$\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 51^\circ - 0^\circ = 51^\circ \quad (3)$$

Délka třísky:

$$l = 0,0175 \cdot \frac{D \cdot f}{2} = 0,0175 \cdot \frac{250 \cdot 51}{2} = 111,6 \text{ mm} \quad (4)$$

Posuv na břit:

$$u_2 = \frac{u \cdot 1000}{n \cdot z} = \frac{6 \cdot 1000}{3000 \cdot 20} = 0,1 \text{ mm} \quad (5)$$

Střední tloušťka třísky:

$$s_{stř} = \frac{u_2 \cdot h}{l} = \frac{0,1 \cdot 65}{111,563} = 0,058mm \quad (6)$$

Střední úhel styku:

$$\varphi_{stř} = \frac{h}{l} = \frac{65}{111,6} = 0,583rad \quad (7)$$

Zvětšení poloměru zaoblení břitu:

$$\Delta_q = \frac{\varepsilon \cdot l \cdot n \cdot T}{1000} = \frac{0,001 \cdot 111,6 \cdot 3000 \cdot 170}{1000} = 56,897\mu m \quad (8)$$

Konstanty jsou zvoleny dle nomogramů v příloze

$A=0,031$ ;  $K=1$ ;  $V=1,1$ ;  $\varepsilon = 0,001$ ;  $p=0,51$

Výpočet hodnot  $k$ :

$$k = (A \cdot \delta_k + B \cdot v_k - V) = (0,031 \cdot 50 + 0,01 \cdot 39,27 - 1,1) = 0,8427MPa \quad (9)$$

Koeficient otupení:

$$a_q = 1 + \frac{0,2 \cdot \Delta_q}{q} = 1 + \frac{0,2 \cdot 56,897}{1} = 12,5 \quad (10)$$

Řezný odpor:

$$K = k + \frac{k \cdot h}{b} + \frac{a_q \cdot p}{s_{stř}} = 0,842 + \frac{0,5 \cdot 65}{2,7} + \frac{12,5 \cdot 0,51}{0,058} = 122,7MPa \quad (11)$$

Řezný výkon:

$$P_{rez} = \frac{K \cdot b \cdot h \cdot u}{60} = \frac{122,7 \cdot 2,7 \cdot 65 \cdot 6}{60} = 2141W \quad (12)$$

## Řezná síla

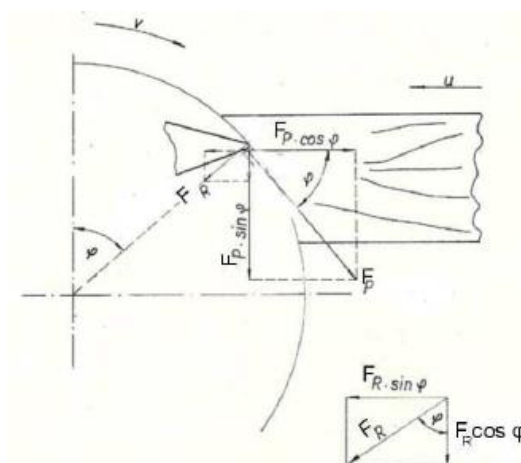
$$F_c = \frac{P_{\text{řez}}}{v_2} = \frac{2141}{39,27} = 54,5N \quad (13)$$

Krouticí moment:

$$M_k = 0,5 \cdot \frac{D \cdot F_c}{1000} = 0,5 \cdot \frac{250,37}{1000} = 4,625Nm \quad (14)$$

Výkon motoru dle výpočtu vyšel 2141W. Jelikož dřevo není homogenní materiál a můžou se v něm vyskytovat různé vady, suky atd. Je zvolen motor s vyšším výkonem – motor od firmy Siemens s označením 1LE1002-1AB52 s výkonem 3kW a jmenovitými otáčkami 1425min<sup>-1</sup>.

Ještě musí být provedeny výpočty složek řezné síly, které budou použity při výpočtu napětí na hřdeli vřetene. U výpočtu se bude vycházet z Obr. 21).



Obr. 21) Působení sil na zub kotouče [4]

Síla působící na hřbet ve směru pohybu nástroje:

$$F_p = (a_q - 0,8) \cdot p \cdot b \cdot \frac{l}{t} = (12,5 - 0,8) \cdot 0,51 \cdot 2,7 \cdot \frac{111,6}{39,27} = 18,8N \quad (15)$$

Síla působící radiálně do nástroje:

Pro výpočet síly  $F_r$  je potřeba znát koeficient tření v závislosti na koeficientu otupení nástroje  $a_q$ . Kniha [4] udává velikost tohoto koeficientu jako  $f_f=1,4$ . Je třeba znát i síly působící na čelo nástroje  $F_{ce}$ .

$$F_{ce} = F_c - F_p = 50 - 18,8 = 31,2N \quad (16)$$

Radiální síla:

$$F_r = \frac{F_p}{f_f} - F_{ce} \cdot \tan(90 - \delta - \varphi) = \frac{18,8}{1,4} - 31,2 \cdot \tan(6,6^\circ) = 12,5N \quad (17)$$

### 6.3 Výpočet řemenu

Výpočtová délka napnutého řemenu v neutrálním vlákně:

$$L_w = 2 \cdot a + \pi \cdot \frac{D_w \cdot d_w}{2} + \frac{(D_w \cdot d_w)^2}{4 \cdot a}$$
$$L_w = 2 \cdot 550 + \pi \cdot \frac{170.80}{2} + \frac{(170.80)^2}{4 \cdot 550} = 1496 \text{ mm}$$
(18)

Součinitele jsou voleny dle strojnických tabulek [21]:

Jmenovitý výkon převodu s jedním řemenem:  $N_o = 1,94 \text{ kW}$

Součinitel vlivu délky řemene:  $C_L = 0,96$

Součinitel dynamičnosti a pracovního režimu:  $C_p = 1,1$

Součinitel úhlu opásání:  $C_\alpha = 0,99$

Výkon přenášený jedním řemenem v podmínkách provozu:

$$N_p = N_o \cdot \frac{C_\alpha \cdot C_L}{C_p} = 1,94 \cdot \frac{0,99 \cdot 0,96}{1,1} = 1,849 \text{ kW}$$
(19)

Jeden řemen může v provozu přenášet výkon o velikosti  $N_p = 1,676 \text{ kW}$ , byl použit motor o výkonu  $3 \text{ kW}$  a tudíž musí být použity dva řemeny, aby zvládli přenášet výkon dodávaný z motoru. Počet řemenů zvolen:  $z_{r1} = 2$ .

Součinitel tření mezi rovnými plochami  $f = 0,13$

Úhel drážky ovlivňuje tření mezi řemenem a bokem drážky  $\alpha = 34^\circ$

Součinitel tření v drážce:

$$f_k = \frac{f}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{0,13}{\sin\left(\frac{34^\circ}{2}\right)} = 0,445$$
(20)

$$\exp(f_k \phi) = e^{(f_k \phi)} = e^{(0,445 \cdot 2,775)} = 3,758$$
(21)

Obvodová rychlost:

$$v_{r1} = \frac{\pi \cdot D_w \cdot n_1}{1000 \cdot 60} = \frac{\pi \cdot 170.1425}{1000 \cdot 60} = 12,7 \text{ m/s}$$
(22)

Tahová síla řemenu od odstředivé síly:

Délková hmotnost:  $q=0,1666$

$$F_c = z_{r1} \cdot q \cdot v_{r1}^2 = 2,0 \cdot 0,1666 \cdot 12,7^2 = 53,6N \quad (23)$$

Rozdíly v napjaté a ochablé části

$$\Delta F = \frac{N_p}{v_{r1}} = \frac{1849}{12,7} = 145,7N \quad (24)$$

Síla v napjaté části:

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F \cdot f_{k2}}{f_{k2} - 1} = 53,6 + \frac{145,7 \cdot 3,76}{3,76 - 1} = 232,1N \quad (25)$$

Síla v ochablé části:

$$F_2 = F_1 - \Delta F = 232,1 - 145,7 = 101,1N \quad (26)$$

Součinitel bezpečnosti:

$$k_{bez} = \frac{z_{r1} \cdot P_D}{P \cdot C_p} = \frac{2 \cdot 1849}{3000 \cdot 1,1} = 1,12 \quad k_{bez} > 1 = \text{vyhovuje} \quad (27)$$

Ekvivalentní síly v řemenu na menší a větší řemenici:

$$F_{ed} = F_1 + \frac{k_1 \cdot 1000}{d_w} = 232,1 + \frac{23,93 \cdot 1000}{80} = 531,2N \quad (28)$$

$$F_{eD} = F_1 + \frac{k_1 \cdot 1000}{D_w} = 232,1 + \frac{23,93 \cdot 1000}{170} = 372,9N \quad (29)$$

Počet cyklů do porušení řemenu:

$$N = \left[ \left( \frac{k_2}{F_{ed}} \right)^{-11,1} + \left( \frac{k_2}{F_{eD}} \right)^{-11,1} \right]^{-1} \quad (30)$$

$$N = \left[ \left( \frac{3216}{352,9} \right)^{-11,1} + \left( \frac{3216}{194,6} \right)^{-11,1} \right]^{-1} = 4,482 \cdot 10^{10} \text{ cyklů}$$

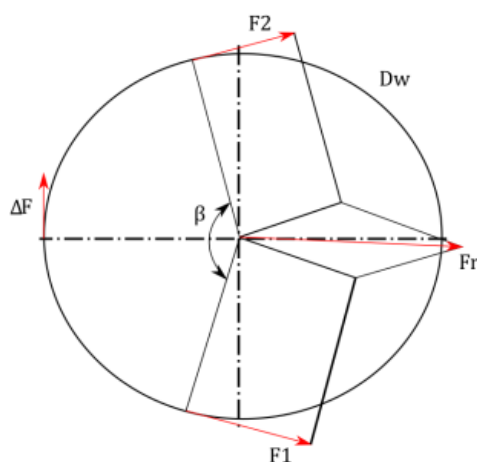
Úhel opásání:

$$\beta = 2 \cdot \arccos\left(\frac{D_w - d_w}{2 \cdot a}\right) = 2 \cdot \arccos\left(\frac{170 - 80}{2 \cdot 550}\right) = 170,6^\circ \quad (31)$$

Výsledné zatížení hřídele:

$$F_{r1} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos(\beta)} = \quad (32)$$

$$F_{r1} = \sqrt{232,1^2 + 101,1^2 - 2 \cdot 232,1 \cdot 101,1 \cdot \cos(107,6^\circ)} = 332,3 \text{ N}$$

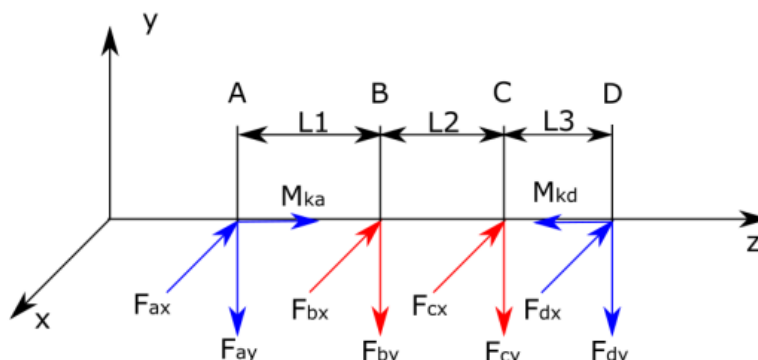


Obr. 22) Působení sil na řemenici

Po provedení výpočtů se ukázalo, že pro přenos výkonu z motoru na pracovní vřeteno, budou potřeba dva klínové řemeny. Dále na Obr. 22) jsou znázorněné síly působící na řemenici. Síla  $F_r$  bude vstupovat do nadcházejícího výpočtu napětí na hřídeli.

## 6.4 Výpočet napětí na hřídeli

Hřídel je uložena na dvou ložiscích v polohách B a C, pozice A reprezentuje pilový kotouč a pozice D řemenicí. Síla  $F_a=F_r=12,5\text{N}$  je řezná síla od pilového kotouče a síla  $F_d=F_{r1}=332,3\text{N}$  je síla od klínového řemene. Délky mezi body jsou  $L_1=138,625\text{mm}$ ;  $L_2=72,75\text{mm}$ ;  $L_3=63,875\text{mm}$ , velikost krouticího momentu je  $M_k=4,625\text{Nm}$ .



Obr. 23) Zatěžující síly na hřídeli

Výpočet sil od řezání kotoučem:

$$F_{Ax}=F_R \cdot \sin 20^\circ = 12,5 \cdot \sin 20^\circ = 4,3\text{N} \quad (33)$$

$$F_{Ay}=F_R \cdot \cos 20^\circ = 12,5 \cdot \cos 20^\circ = 11,7\text{N} \quad (34)$$

$$F_{Dx}=F_{r1} \cdot \sin 15^\circ = 332,3 \cdot \sin 15^\circ = 86\text{N} \quad (35)$$

$$F_{Dy}=F_{r1} \cdot \cos 15^\circ = 332,3 \cdot \cos 15^\circ = 321\text{N} \quad (36)$$

Výpočet reakcí v ložiscích:

$$F_{Bx} = \frac{F_{Dx} \cdot L_3 - F_{Ax} \cdot (L_1 + L_2)}{L_2} \quad (37)$$

$$F_{Bx} = \frac{86 \cdot 63,875 - 4,3 \cdot (138,625 + 72,75)}{72,75} = 63\text{N}$$

$$F_{By} = \frac{F_{Ay} \cdot (L_1 + L_2) - F_{Dy} \cdot L_3}{L_2} \quad (38)$$

$$F_{By} = \frac{11,7 \cdot (138,625 + 72,75) - 321 \cdot 63,875}{72,75} = 247,8\text{N}$$

$$F_{Cx}}=-F_{Ax} - F_{Bx} - F_{Dx} = -4,3 - 63 - 86 = -153,3\text{N} \quad (39)$$

$$F_{Cy}=-F_{Ay} - F_{By} - F_{Dy} = -11,3 - 247,8 - 321 = -580,5\text{N} \quad (40)$$

Výsledné reakce v ložiscích:

$$F_B = \sqrt{F_{Bx}^2 + F_{By}^2} = \sqrt{63^2 + 247,8^2} = 255,7N \quad (41)$$

$$F_C = \sqrt{F_{Cx}^2 + F_{Cy}^2} = \sqrt{(-153,3)^2 + (-580,5)^2} = 600,4N \quad (42)$$

Výpočet momentů a posouvajících sil:

Část 1.:

$$T_{yz1} = -F_{Dy} = -321N \quad (43)$$

$$T_{z1} = -F_{Dx} = -86N \quad (44)$$

$$M_{oy1} = F_{Dy} \cdot L_3 = 321 \cdot 63,875 = 20503,9Nmm \quad (45)$$

$$M_{ox1} = F_{Dx} \cdot L_3 = 86 \cdot 63,875 = 5493,3N \quad (46)$$

Část 2.:

$$T_{yz2} = -F_{Dy} - F_{Cy} = -321 + 580,5 = 259,5N \quad (47)$$

$$T_{xz2} = -F_{Dx} - F_{Cx} = -86 + 153,3 = 67,3N \quad (48)$$

$$M_{oy2} = F_{Dy} \cdot (L_3 + L_2) - F_{Cy} \cdot L_2 \quad (49)$$

$$M_{oy2} = 321 \cdot (63,875 + 72,75) - 580,5 \cdot 72,75 = 1625,3Nmm$$

$$M_{ox2} = F_{Dx} \cdot (L_3 + L_2) - F_{Cx} \cdot L_2 \quad (50)$$

$$M_{ox2} = 86 \cdot (63,875 + 72,75) - 153,3 \cdot 72,75 = 597,2Nmm$$

Část 3.:

$$T_{yz3} = -F_{Dy} - F_{Cy} - F_{By} = -321 + 580,5 - 247,8 = 11,7N \quad (51)$$

$$T_{xz3} = -F_{Dx} - F_{Cx} - F_{Bx} = -86 + 153,3 - 63 = 4,3N \quad (52)$$

$$M_{oy3} = F_{Dy} \cdot (L_3 + L_2 + L_1) + F_{Cy} \cdot (L_2 + L_1) + F_{By} \cdot L_1 \quad (53)$$

$$M_{oy3} = 321 \cdot (275) - 580,5 \cdot (211,375) - 247,8 \cdot 138,625$$

$$M_{oy3} = -76,9Nmm$$

$$M_{ox3} = F_{Dx} \cdot (L_3 + L_2 + L_1) + F_{Cx} \cdot (L_2 + L_1) + F_{Bx} \cdot L_1 = 20,4Nmm$$

$$M_{ox3} = +86 \cdot (275) - 153,3 \cdot (211,375) + 63 \cdot 138,625 \quad (54)$$

$$M_{ox3} = 20,4Nmm$$



### Kontrola výpočtů:

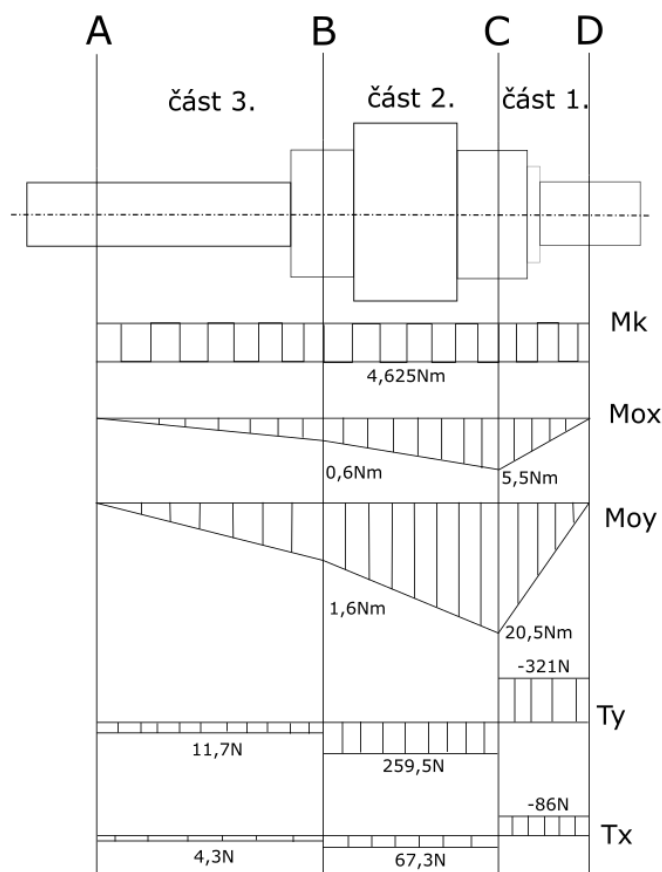
Kontrola sil:

$$\sum F_x = 0: +F_{Dx} + F_{Cx} + F_{Bx} + F_{Ax} = 0N \quad (55)$$

$$\sum F_y = 0: +F_{Dy} + F_{Cy} + F_{By} + F_{Ay} = 0N \quad (56)$$

Kontrola momentů:

Sumy momentů v osách x a y by také měli vyjít 0, jak u kontroly sil. Není tomu tak z toho důvodu, protože výše provedené výpočty, které vstupují do rovnic na výpočet momentů, byly zaokrouhleny a to ovlivnilo finální výsledek – hodnoty které vyšli pro  $M_{03}$  jsou minimální a to  $M_{0x3}=20,4 \cdot 10^{-3} \text{Nm}$  a  $M_{0y3}=-76,9 \cdot 10^{-3} \text{Nm}$ , což jsou nesrovnatelné velikosti, protože v předchozích částech u výpočtu ohybového momentu se pohybujeme v řádech desítek Nm.



Obr. 24) Průběh momentů a posouvajících sil na vřetenu stroje

Z průběhu na Obr. 24) je patrné, že nejvíce namáhané je místo C. Proto se ohybové a krouticí napětí bude počítat k tomuto bodu.

Výpočet napětí v kritickém místě:

Průměr hřídele v bodě C:  $D_c=40\text{mm}$

Ohybový moment v místě vrubu:

$$M_{oc} = \sqrt{M_{ox1}^2 + M_{oy1}^2} = \sqrt{5493,3^2 + 20503,9^2} = 21227\text{Nm} \quad (57)$$

Napětí v ohybu:

$$\sigma_{oc} = \frac{32 \cdot M_{oc}}{\pi \cdot D_c^3} = \frac{32 \cdot 21227}{\pi \cdot 40^3} = 3,37\text{MPa} \quad (58)$$

Napětí v krutu:

$$\tau_k = \frac{16 \cdot M_{oc}}{\pi \cdot D_c^3} = \frac{16 \cdot 4625}{\pi \cdot 40^3} = 0,37\text{MPa} \quad (59)$$

Redukované napětí:

$$\sigma_{redc} = \sqrt{\sigma_{oc}^2 + (4 \cdot \tau_{kc})^2} = \sqrt{3,37^2 + (4 \cdot 0,37)^2} = 3,68\text{MPa} \quad (60)$$

Materiál hřídele byla zvolena ocel 11 500 s hodnotami: Mez kluzu  $R_e=250\text{MPa}$  a mez pevnosti  $R_m=550\text{MPa}$ .

Z těchto hodnot se dá posoudit, že zvolený materiál vyhovuje výše vypočítanému namáhání a to několikanásobně.

## 6.5 Návrh podávacího mechanismu

Hodnoty vstupující do výpočtů:

Průměr válců:  $D_v=0,05\text{m}$

Rychlost posuvu:  $v_v=6\text{m/min}^{-1}$

Výpočet otáček posuvných válců:

$$n_v = \frac{v_v}{\pi \cdot D_v} = \frac{6}{\pi \cdot 0,05} = 38,2\text{min}^{-1} \quad (61)$$

Výpočet předpokládané hmotnosti obrobků:

Průměrná hustota dřeva:  $\rho=720$

$$V=l \cdot h \cdot b = 5,0 \cdot 0,065 \cdot 0,3 = 0,0975\text{m}^3 \quad (62)$$

Hmotnost obrobku:

$$m_{obrobku} = V \cdot \rho = 0,098.720 = 70,2 \text{ Kg} \quad (63)$$

Výpočet třecí síly:

Součinitel smykového tření dřevo-ocel  $f_{do}=0,25 - 0,5$

Zvoleno  $f_{do}=0,5$

$$F_{tř} = m_{obrobku} \cdot g \cdot f_{do} = 70,2 \cdot 9,81 \cdot 0,5 = 344,331 \text{ N} \quad (64)$$

Síly působící proti pohybu je třecí síla, složka od řezné síly:

$$F_f = F_q + F_{tř} = 90 + 344,3 = 434,3 \text{ N} \quad (65)$$

Určení výkonu motoru:

Otáčky:

$$n = \frac{n_v}{60} = \frac{38,2}{60} = 0,637 \text{ s}^{-1} \quad (66)$$

Úhlová rychlost:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n = 2 \cdot \pi \cdot 0,637 = 4 \text{ s}^{-1} \quad (67)$$

Krouticí moment:

$$M_k = F_f + \frac{D_v}{2} = 434,3 + \frac{0,05}{2} = 10,9 \text{ Nm} \quad (68)$$

Výkon motoru:

$$P = M_k \cdot \omega = 10,9 \cdot 4 = 43,4 \text{ W} \quad (69)$$

Vypočítaný výkon pro posuv je relativně malý. Běžné strojové posuvy mají výkon v řádu okolo 0,5 kW. Důvody jsou nehomogenita dřeva, účinnost šnekového převodu a především dostatek tahu pro nestandartní situace (ohyb, přičení aj.). Proto byl vybrán motor od firmy Siemens 1LA7073-6 s výkonem 370 W a jmenovitými otáčka 850 min<sup>-1</sup>.

Výstupní otáčky motoru jsou 850 min<sup>-1</sup> a otáčky podávacích válců by měli mít rychlost okolo 38,2 min<sup>-1</sup>, jak vyplývá z výpočtu. Převod bude proveden pomocí šnekové převodovky Raveo CM040 s převodovým poměrem 1:25, výsledné otáčky válců budou tedy 34 min<sup>-1</sup>. Přenos otáček bude na první válec realizováno přímo ze šnekové převodovky pomocí řetězu 08B-1 a mezi podávacími válci bude zkonstruován také řetězový převod s řetězovými koly s 12 zuby a řetězem 08B-1. Ačkoli byla jako výchozí podávací rychlost zvolena hodnota 6 m/min, lze pomocí měniče frekvence snadno tuto rychlost měnit v rozsahu 1-12 m/min.

## 6.6 Volba těsného pera

Pero bude spojovat řemenici a pracovní vřeteno, ze strojních tabulek bylo zvoleno PERO 8e8x7x36 ČSN 02 2562. Materiál pera je 11 600 a jeho vlastnosti jsou – dovolené otláčení  $p_d=110\text{MPa}$  a  $\tau_s = 65\text{MPa}$ .

Hodnoty vstupující do výpočtů:

Výkon motoru:  $P=3000\text{W}$ ; otáčky hřídele:  $n=3000\text{min}^{-1}$ ; průměr hřídele motoru:  $D=28\text{mm}$

Pero:

Výška drážky v náboji:  $t_1=2,9\text{mm}$ ; délka:  $l_p= 36\text{mm}$ ; šířka:  $b_p= 8\text{mm}$

Výpočet síly a momentu:

Převod na otáčky za sekundu:

$$n_1 = \frac{n}{60} = \frac{3000}{60} = 50\text{s}^{-1} \quad (70)$$

Úhlová rychlost:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n_1 = 2 \cdot \pi \cdot 50 = 314,1\text{s}^{-1} \quad (71)$$

Krouticí moment:

$$M_{kp} = \frac{P}{\omega} = \frac{3000}{314,1} = 9,5\text{Nm} = 9500\text{Nmm} \quad (72)$$

Působící síla:

$$F_p = 2 \cdot \frac{M_{kp}}{D} = 2 \cdot \frac{9500}{28} = 678,5\text{N} \quad (73)$$

Kontrola pera:

Kontrola na otláčení:

$$p_d = \frac{F_p}{t_1 \cdot l_p} = \frac{678,5}{2,9 \cdot 36} = 6,5\text{MPa} \quad (74)$$

Kontrola na smyk:

$$\tau_s = \frac{F_p}{b_p \cdot l_p} = \frac{678,5}{8 \cdot 36} = 2,3\text{MPa} \quad (75)$$

Zvolené pero vyhovuje

## 7 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Stroj je dle zadání diplomové práce koncipován pro zařazení ve středním podniku. S tímto ohledem bylo přistupováno i ke konstrukci samotného stroje – co nejvíce částí bylo navrhováno z normovaných dílů, jako klínové řemeny, řetězy a řetězová kola, ložiska, atd.

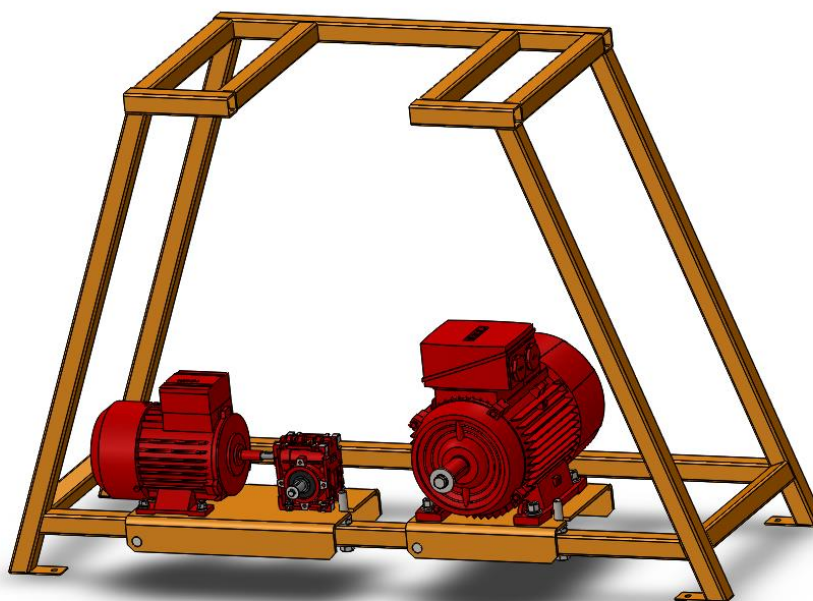
### 7.1 Jednotlivá technická zpracování rozmítacího stroje

V kapitolách níže bude podrobněji rozebrán konstrukční návrh zařízení

#### 7.1.1 Rám stroje

Rám je tvořen z normovaných jeleků 30x30x3, které jsou spojeny svary, nohy rámu jsou zakončeny patkami na ukotvení do země, pro zvýšení stability pily a zamezení převrhnutí k čemuž dopomáhají i rozpěrné jekly umístěné ve spodní části rámu.

Na rozpěrných jeklech jsou umístěny i dvě plošiny z ohýbaného plechu, jedna nese motor pracovního vřetene a druhá pohon podavače a šnekovou převodovku. Obě platformy jsou na jedné straně uloženy otočně a na straně druhé podpírány šroubem s maticí, aby bylo možné napínání klínových řemenů – jak je vidět na Obr. 25).



Obr. 25) Rám stroje: oranžová – rám stroje, červená – pohonné ústrojí

### 7.1.2 Pracovní stůl

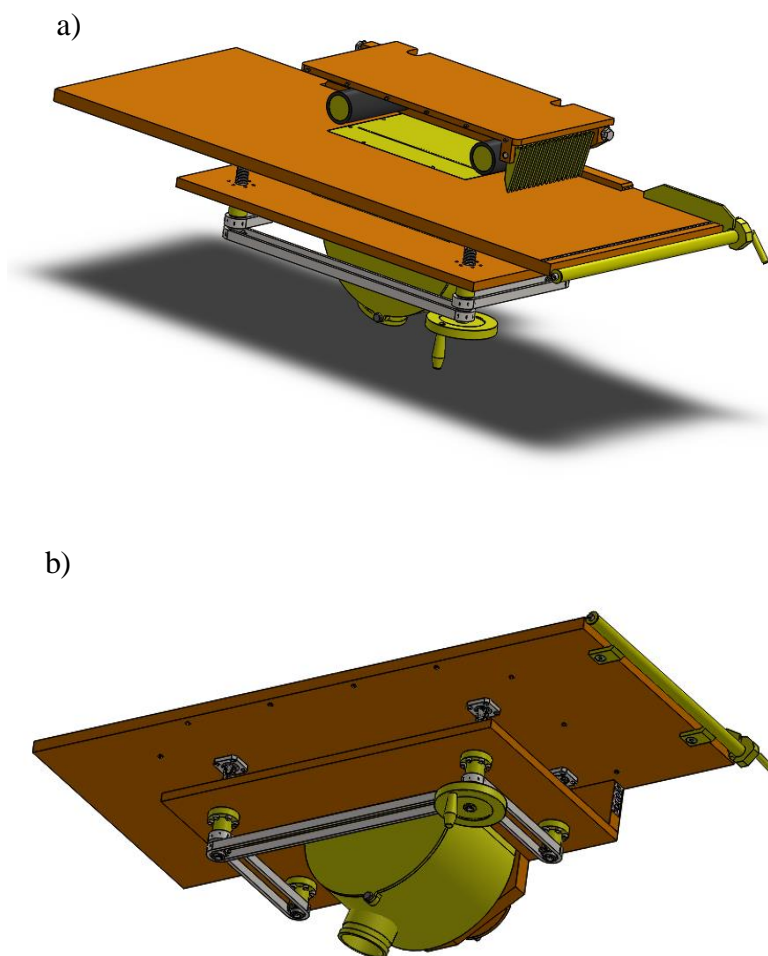
Tato část je nejdůležitější z celého stroje, nachází se zde všechny důležité prvky. Skládá se z pevné a pohyblivé části a zvedacího ústrojí.

Spodní stůl je pevný, usazený na rámu stroje. Ke stolu je přivařená bočnice s kluznými ložisky s podávacími válci a nábojem pro pracovní vřeteno, na čele bočnice je umístěno pravítko pro odměřování výšky. Dále je v horní části bočnice upevněn horní kryt pracovního prostoru, který zaštiťuje pilový kotouč společně s podávacími válci a ještě slouží jako podpěra zarážek proti zpětnému vrhu.

Druhý stůl, je pohyblivý. Nachází se na něm otvor, kterým prochází pilový kotouč. Zespodu je tento otvor zaštitěn krytem kotouče z důvodu bezpečnosti a odvodu odpadu při řezání. Shora je řezný prostor překryt deskou s otvorem pro řezný kotouč, aby se zlepšil průchod materiálu přes řeznou oblast a nedocházelo k zadrhávání o hranu otvoru. Na vodící tyči zepředu stroje je umístěno polohovatelný doraz a ve stole je umístěno pravítko k odměřování šířky řezaného materiálu.

Ústrojí pro zdvih stolu se skládá ze čtyř trapézových šroubů, mezi kterými jsou vedeny tři řetězy 08B-1 – ovládané ručně pomocí kola s úchytem. Šrouby vedou skrz bronzové matice ve stacionárním stole až po pohyblivý stůl, kde jsou uloženy v ložiskových domcích.

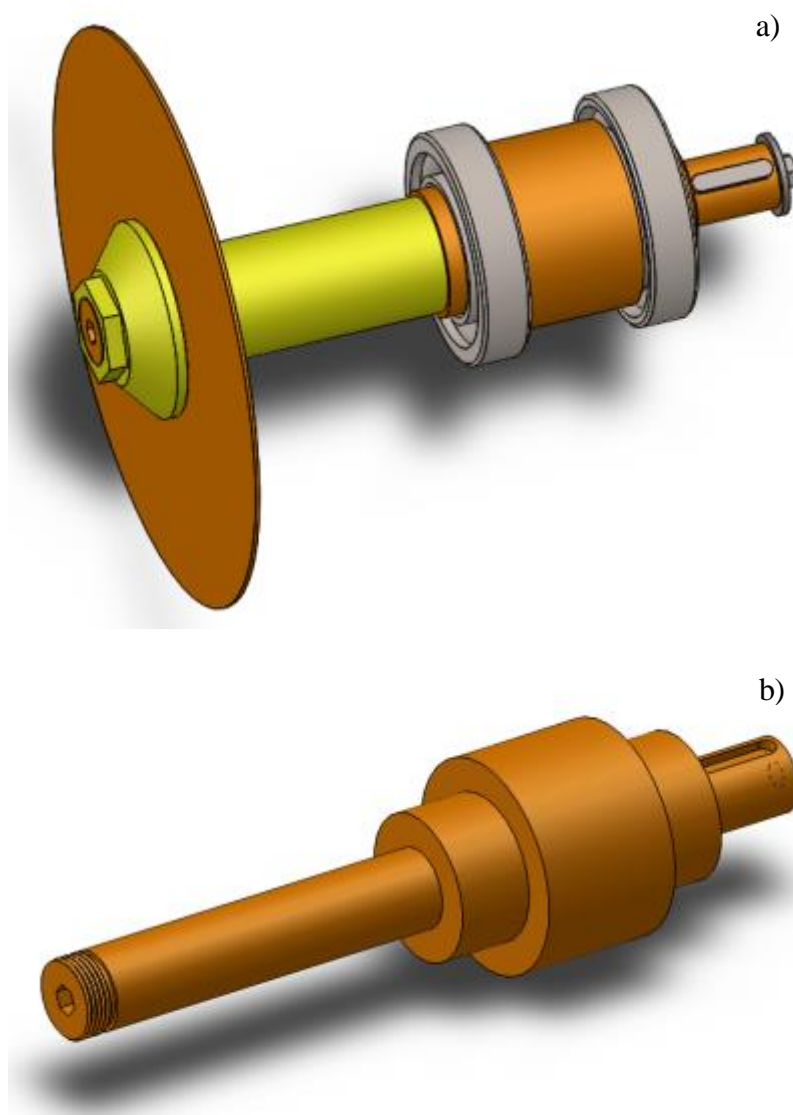
Všechno je k vidění na Obr. 25).



Obr. 26) Pracovní stůl: a) pohled shora b) pohled zespod

### 7.1.3 Vřeteno

Pracovní vřeteno je zkonstruováno tak že jeho levý konec je uložen volně z důvodu výměny kotouče. Pracovní část je dlouhá 150mm pro možnost uchycení více kotoučů najednou – pro požadovanou rozteč mezi kotouči se použijí vhodné distanční kroužky a vše se pak utáhne maticí s levým závitem na konci hřídele. K lepší manipulaci s hřídelí a jejímu ustavení má v čele zhotoven šestihran. Za pracovní částí je vysoustruženo odsazení, na kterém se nachází dvě kuličková ložiska se šikmým stykem 7211 BECBP od firmy SKF. Na pravém konci hřídele je umístěno těsné pero pro uchycení řemenice o průměru 80mm na 2 klínové řemeny.



Obr. 27) a) pracovní vřeteno b) hřídel

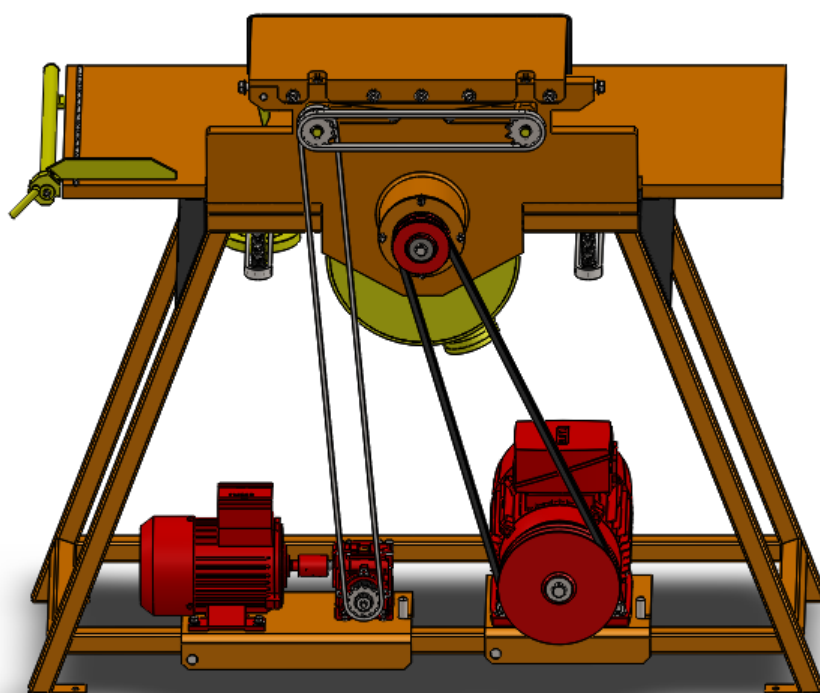
#### 7.1.4 Pohonné ústrojí stroje

Na stroji jsou použity dva motory od firmy Siemens a šneková převodovka Raveo. Výkon motoru pro hlavní vřeteno je 3kW a pro podavač 0,37kW. Oba motory jsou na kyvných platformách pro dopínání klínových řemenů.

Primární pohon je realizován jen motorem s výstupními otáčkami 1425ot/min, který je spojen pomocí dvou řemenů přímo s pracovním vřetnem. Vřeteno má otáčky 3000ot/min, dochází tedy k převodu do rychla.

Pohon pro podávací válec se skládá z elektromotoru a šnekové převodovky – dochází k redukci 850ot/min na 34ot/min a ze šnekové převodovky jsou otáčky přenášeny pomocí řetězu na první válec. Stejně tak je realizován i převod mezi oběma podávacími válci. Všude je použitý stejný řetěz - 08B-1.

Pohonné ústrojí je zobrazeno na Obr. 28).



Obr. 28) Pohonné ústrojí rozμίací pily (červená; šedá a černá barva)



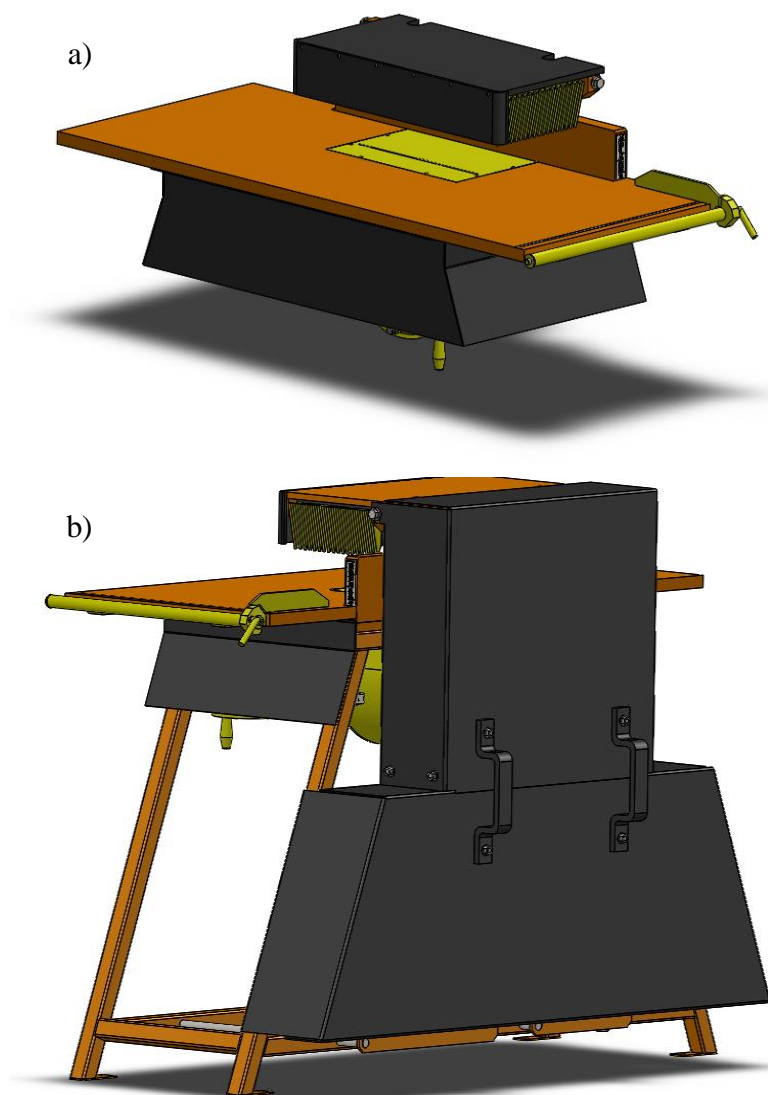
### 7.1.5 Bezpečnostní krytování a prvky

Z důvodu bezpečnosti práce na stroji bylo přihlédnuto i k návrhu vhodných bezpečnostních krytů a prvků stroje.

Kryty upevněné k pracovnímu stolu se skládají z několika částí, tři části jsou upevněny k pohyblivému stolu, aby zašítily zvedací mechanismus stolu a nedošlo ke kontaktu obsluhy s řetězovými koly. Další část se nachází v horní pozici pracovního stolu je to boční a horní díl, které zakrývají kotouč – kdyby došlo k jeho roztrhnutí. Součástí horního krytu je i mechanismus zarážek proti zpětnému vrhu, které jsou umístěny před pilovým kotoučem.

Kryt motoru a převodů se nachází na pravé straně stroje a je složen ze dvou částí sešroubovaných k sobě. Celý kryt je opatřený madly pro lepší manipulaci z důvodu snadné kontroly a případně výměny opotřebovaných dílů. Kryt je upnut v horní části na bočnici stolu a ve spodní části kopíruje úhel nohou rámu až ke spodním rozpěrným jeklům, kde se volně opírá.

Bezpečnostní prvky jsou k vidění na Obr. 30)



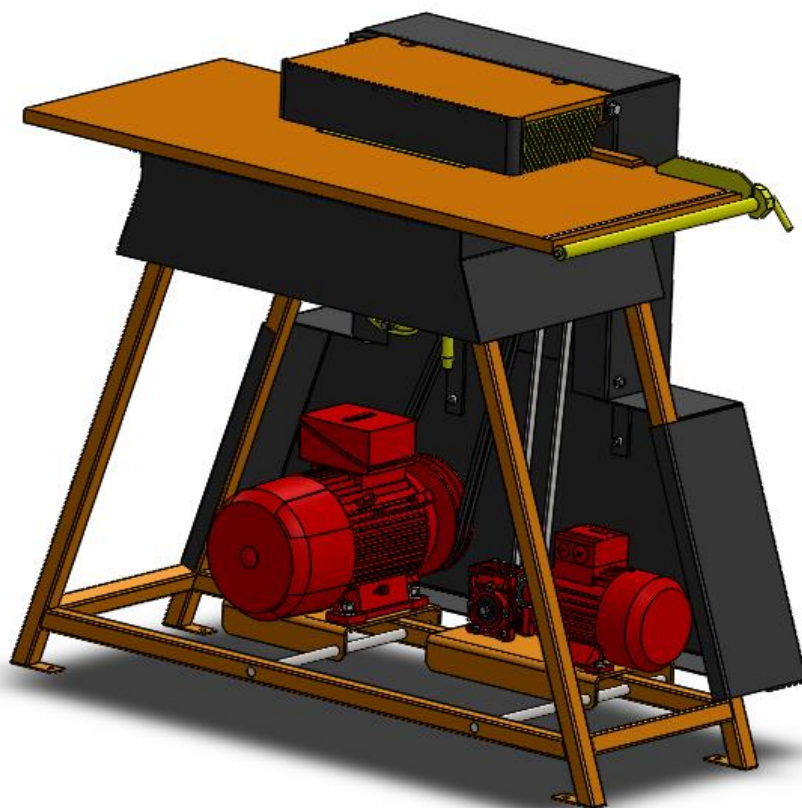
Obr. 30) Bezpečnostní krytování stroje (černá barva) a) krytování stolu b) krytování motoru a převodů

### 7.1.6 Rozmítací pila

Výsledné parametry navrženého stroje jsou shrnuty v Tab 7) .

Tab 7) Parametry navrženého stroje

Parametry navrženého stroje	Hodnoty
Délka pracovní části vřetena	150 mm
Průměr pracovní částí vřetena	30 mm
Maximální výška materiálu	70 mm
Délka stolu	1000 mm
Šířka stolu	400 mm
Rychlost posuvu	1-12 m/min
Výkon hlavního motoru	3 kW
Výkon motoru pro posuv	0,37 kW



Obr. 31) Rozmítací pila

## 8 ANALÝZA RIZIK A JEJICH MINIMALIZACE

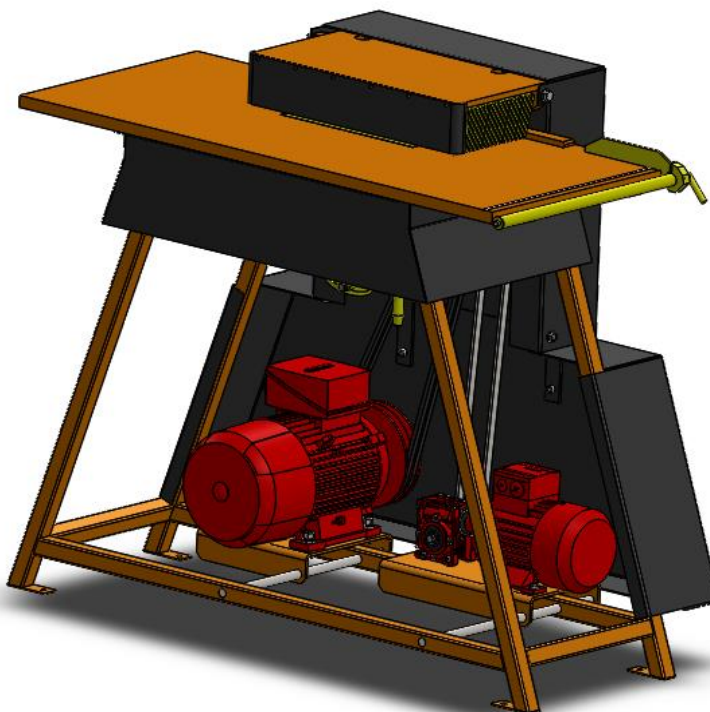
Tato kapitola se bude zabývat analýzou rizik u zkonstruovaného stroje a jejich případnou redukcí. Tato kapitola vychází z normy ČSN EN ISO 12100 odkaz [23] v seznamu zdrojů.

### 8.1 Analýza strojního zařízení

Rozmítací pila slouží primárně k podélnému rozřezávání dřevěných prken. Vzniklé přířezy jsou dále zpracovávány.

#### 8.1.1 Technické specifikace strojního zařízení

Technické parametry analyzovaného stroje jsou k vidění v tabulce Tab 7)



Obr. 32) Rozmítací pila



## 8.1.4 Identifikace relevantních nebezpečí

Tab 8) Tabulka identifikace relevantních nebezpečí

Název komponenty systému	Poloha komponenty v systému	Typ nebezpečí dle normy ČSN EN ISO 12100	Id. č. dle ČSN EN ISO 12100
Základ stroje	Pracovní prostor	Mechanická nebezpečí	1
Rám	Pracovní prostor	Mechanická nebezpečí, Elektrická nebezpečí	1, 2
Mechanismus nastavení stolu	Pracovní prostor	Mechanická nebezpečí, Elektrická nebezpečí, Ergonomická nebezpečí	1, 2, 8
Pohyblivý stůl	Pracovní prostor	Mechanická nebezpečí Elektrická nebezpečí,	1,2
Posuvné pravítko	Pracovní prostor	Mechanická nebezpečí, Elektrická nebezpečí, Ergonomická nebezpečí	1, 2, 8
Ovládací panel	Pracovní prostor	Mechanická nebezpečí, Elektrická nebezpečí	1, 2
Řídící obvod	Pracovní prostor	Elektrická nebezpečí, Tepelná nebezpečí	2, 3
Zdroj el. energie	Pracovní prostor	Elektrická nebezpečí, Tepelná nebezpečí	2, 3
Rozvaděč	Pracovní prostor	Mechanická nebezpečí, Elektrická nebezpečí, Tepelná nebezpečí	1, 2, 3
Odsávání	Pracovní prostor	Mechanická nebezpečí, Elektrická nebezpečí, Nebezpečí hluku	1, 2, 4
Motor řezného kotouče	Pracovní prostor	Mechanická nebezpečí, Elektrická nebezpečí, Tepelná nebezpečí, Nebezpečí hluku	1, 2, 3, 4
Motor válců	Pracovní prostor	Mechanická nebezpečí, Elektrická nebezpečí, Tepelná nebezpečí, Nebezpečí hluku	1, 2, 3, 4
Řezný kotouč	Pracovní prostor	Mechanická nebezpečí, Elektrická nebezpečí, Tepelná nebezpečí, Nebezpečí hluku	1, 2, 3, 4
Podávací válce	Pracovní prostor	Mechanická nebezpečí, Elektrická nebezpečí, Tepelná nebezpečí, Nebezpečí hluku	1, 2, 3, 4
Materiál	Pracovní prostor	Mechanická nebezpečí, Ergonomická nebezpečí	1, 8

### 8.1.5 Určení velikosti rizika

Při určování velikosti rizika se postupuje podle Obr. 35) bere se v úvahu několik aspektů, které se ještě dále větví, tyto aspekty budou rozebrány níže [24]:

#### Míra poškození:

- S0 – nehrozí škoda, nejedná se o nebezpečí
- S1 – lehké zranění
- S2 – těžké zranění
- S3 – smrt

#### Doba pobytu v oblasti nebezpečí:

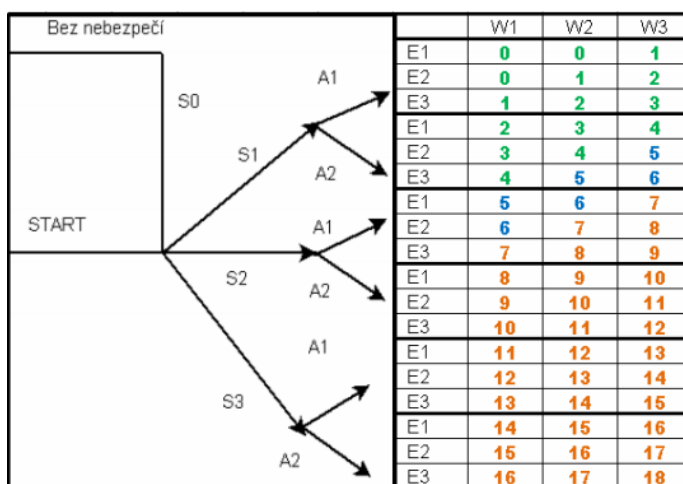
- A1 – zřídka až častěji
- A2 – často až trvale

#### možnost rozpoznání a vyvarování se nebezpečí:

- E1 – možné
- E2 – zřídka možné
- E3 – sotva možné

#### Pravděpodobnost vzniku nebezpečné události:

- W1 – šance vzniku je malá
- W2 – šance vzniku je střední
- W3 – šance vzniku je velká



Obr. 35) Graf pro určení velikosti rizika [24]

Velikost rizika může dle tabulky nabývat hodnot od 0-18. Pro posouzení rizika je třeba nejprve určit, jestli je velikost rizika akceptovatelná, či nikoliv. V tabulce jsou hranice odlišeny barevně [24].

- Rozmezí 0-4: akceptovatelné riziko
- Rozmezí 5-6: akceptovatelné riziko po prověření
- Rozmezí 7-18: neakceptovatelné riziko

## 8.1.6 Analýza významných nebezpečí

Obr. 36) Tabulka analýzy významných nebezpečí

ANALÝZA VÝZNAMNÝCH NEBEZPEČÍ				Typ stroje: Rozmítací pila
Během přepravy, montáže, instalace, provozu, údržby a vyřazení z provozu				
Poř. číslo	Fáze životního cyklu	Typ nebezpečí		Popis nebezpečné události:
		(dle ČSN EN ISO 12100)		
		stručný popis	id. číslo	
	Doprava			
1.	Zdvihání, nakládání, přeprava a vykládání	Stlačení Naražení Ztráta stability	1.1-1 1.6-1 9.1-1	Při nakládání stroje a jeho jednotlivých součástí může dojít k poranění, stlačení, nebo pádu člověka.
2.	Balení a rozbalování	Stlačení Pořezání Odření	1.1-2 1.2-1 1.3-1	Při rozbalování a manipulaci se součástmi stroje může dojít k řeznému poranění, odření se o ostré části, nebo ke stlačení končetin a jejich částí.
	Montáž a instalace, uvedení do provozu			
1.	Montáž stroje	Stlačení Pořezání Odření Uklouznutí, zakopnutí	1.1-3 1.2-2 1.3-2 1.4-1	Při montáži může dojít k vyjmenovaným nebezpečím, při špatné manipulaci s částmi stroje.
2.	Upevnění, vyrovnaní stroje	Stlačení	1.1-4	Při uvádění stroje do vodorovné polohy může dojít ke stlačení končetin.
3.	Připojení k el. síti	Požár Úraz el. proudem Smrt el. proudem	2.1-1 2.2-1 2.3-1	Při zapojování do el. sítě hrozí nebezpečí úrazu el. proudem a riziko požáru a úmrtí.
4.	Odzkoušení	Stlačení Odření Úraz el. proudem	1.1-5 1.3-3 2.2-2	Při zkoušení může dojít ke styku člověka s chybně zapojenými, nebo smontovanými částmi stroje.
	Seřizování			
1.	Nastavení řezného kotouče	Pořezání Odření	1.2-3 1.3-4	Může dojít k pořezání a odření o kotouč, nebo materiál
	Provoz			
1.	Umístění materiálu	Stlačení Pořezání Odření Hluk	1.1-7 1.2-5 1.3-6 1.7-1	Při manipulaci a umisťování materiálu na stroj, může dojít ke jmenovaným nebezpečím díky nepozornosti.

2.	Provoz stroje	Stlačení Pořezání Odření Navinutí Hluk Prašnost	1.1-8 1.2-6 1.3-7 1.5-1 1.7-2 9.2-1	Při provozu stroje a nepozornosti může dojít k stlačení, pořezání odření, navinutí, provoz stroje také vytváří hluk a prašnost z řezaného materiálu.
3.	Manipulace s pohyblivým stolem a pravítkem	Stlačení Odření	1.1-9 1.3-8	Při manipulaci s pohyblivými částmi stroje může dojít ke stlačení nebo odření o tyto části
<b>Čištění a údržba</b>				
1.	Čištění	Odření Pořezání Infekce Uklouznutí, zakopnutí Nezdravá poloha těla	1.3-9 1.2-7 7.1-1 1.4-2 9.3-1	Při čištění stroje může dojít k vyjmenovaným nebezpečím vlivem lidské nepozornosti.
2.	Výměna opotřebovaných částí	Stlačení Odření Pořezání Úraz el. proudem	1.1-10 1.3-10 1.2-8 2.2-3	Při výměně opotřebovaných částí stroje může dojít ke kontaktu s el. proudem, odření a pořezání o hrany.
<b>Vyhledávání závad a jejich odstraňování</b>				
1.	Opravování	Stlačení Pořezání Uklouznutí Odření Požár Úraz el. proudem Smrt el. proudem	1.1-11 1.2-9 1.4-3 1.3-11 2.1-2 2.2-4 2.3-2	Při opravování stroje může dojít k nejrůznějším druhům úrazů a nehod, podle druhu potřebné opravy.
<b>Vyřazení z provozu a demontáž</b>				
1.	Odpojení z el. sítě	Požár Úraz el. proudem Smrt el. proudem	2.1-3 2.2-5 2.3-3	Při odpojování el. energie může dojít k úrazu, nebo i smrti el. proudem způsobeným špatným stavem ochrany vodičů vlivem stárí.
2.	Demontáž, nakládání, přeprava	Stlačení Naražení	1.2-1 1.6-1	Při demontáži a nakládání stroje a jeho součástí může dojít k vyjmenovaným nebezpečím.



## 8.1.7 Přehled identifikovaných závažných nebezpečí

Tab 9) Tabulka mechanických nebezpečí

Přehled identifikovaných závažných nebezpečí						
1	Mechanická nebezpečí					
1.1	Nebezpečí stlačením	S	A	E	W	RP
1.1-1	Nebezpečí stlačení při nakládání a vykládání stroje a jeho částí.	3	1	3	3	18
1.1-2	Nebezpečí stlačení při balení a rozbalování stroje a jeho částí.	1	1	1	1	0
1.1-3	Nebezpečí stlačení při montáži částí stroje.	1	1	1	2	0
1.1-4	Nebezpečí stlačení při upevňování a vyrovnávání stroje.	2	1	1	2	6
1.1-5	Nebezpečí stlačení při odzkoušení stroje o různé součásti.	1	1	1	1	0
1.1-6	Nebezpečí stlačení při seřizování kotouče, o kotouč nebo okolní části.	1	1	1	2	0
1.1-7	Nebezpečí stlačení při nesprávné manipulaci s materiálem.	1	2	1	2	3
1.1-8	Nebezpečí stlačení při provozu stroje o různé části stroje, při nepozornosti.	1	2	2	2	4
1.1-9	Nebezpečí stlačení při manipulaci s pohyblivými součásti stroje.	1	2	1	1	2
1.1-10	Nebezpečí stlačení při výměně součástí, při nepozornosti může dojít ke stlačení.	1	1	1	2	0
1.1-11	Nebezpečí stlačení při opravách části stroje, může dojít ke stlačení mezi částmi stroje.	1	1	1	1	0
1.2	Nebezpečí pořezáním	S	A	E	W	RP
1.2-1	Nebezpečí pořezání při balení a rozbalování stroje a jeho částí.	1	1	1	2	0
1.2-2	Nebezpečí pořezání při montáži stroje a jeho částí.	1	1	1	1	0
1.2-3	Nebezpečí pořezání při nastavování řezného kotouče.	1	1	1	1	0
1.2-5	Nebezpečí pořezání při nesprávné manipulaci s materiálem.	1	2	1	2	3
1.2-6	Nebezpečí pořezání při provozu stroje o řezné kotouče.	2	2	1	1	8
1.2-7	Nebezpečí pořezání při čištění stroje o jeho ostré části.	1	1	1	1	0

1.2-8	Nebezpečí pořezání při výměně opotřeбенých částí stroje o jeho ostré části.	2	1	1	1	5
1.2-9	Nebezpečí pořezání při opravě částí stroje o jeho ostré části.	1	1	1	2	0
1.3	Nebezpečí odřením	S	A	E	W	RP
1.3-1	Nebezpečí odření při balení a rozbalování stroje a jeho částí.	1	1	1	2	0
1.3-2	Nebezpečí odření při montáži stroje a jeho částí.	1	1	1	2	0
1.3-3	Při odzkoušení stroje může dojít k odření o jeho části.	1	1	1	1	0
1.3-4	Nebezpečí odření při nastavování řezného kotouče o kotouč, nebo části stroje.	1	1	1	2	0
1.3-6	Nebezpečí odření při umísťování materiálu na stroj.	1	2	1	2	3
1.3-7	Nebezpečí odření při provozu stroje o jeho části.	1	2	1	1	2
1.3-8	Nebezpečí odření při manipulaci s pohyblivými částmi stroje.	1	2	1	1	2
1.3-9	Nebezpečí odření při čištění stroje o jeho části.	1	1	1	1	0
1.3-10	Nebezpečí odření při výměně opotřeбенých částí o části stroje.	1	1	1	1	0
1.3-11	Nebezpečí odření při opravě stroje o strojní součásti.	1	1	1	1	0
1.4	Nebezpečí uklouznutím a zakopnutím	S	A	E	W	RP
1.4-1	Nebezpečí uklouznutí nebo zakopnutí při montáži částí stroje.	1	1	1	1	0
1.4-2	Nebezpečí uklouznutí nebo zakopnutí při čištění částí stroje.	1	1	1	1	0
1.4-3	Nebezpečí uklouznutí nebo zakopnutí při opravě stroje a jeho částí.	1	1	1	1	0
1.5	Nebezpečí navinutím	S	A	E	W	RP
1.5-1	Nebezpečí navinutí při provozu stroje.	2	2	2	2	10
1.6	Nebezpečí naražením	S	A	E	W	RP
1.6-1	Nebezpečí naražení při nakládání a vykládání stroje a jeho částí.	1	1	2	1	0

Tab 10) Tabulka elektrických nebezpečí

2	Elektrická nebezpečí					
2.1	Nebezpečí požáru	S	A	E	W	RP
2.1-1	Nebezpečí vzniku požáru při připojování stroje do el. sítě, při špatném zapojení může vzniknout zkrat a následně požár.	2	1	2	2	7
2.1-2	Při opravování stroje může dojít ke zkratu elektrických částí a následnému požáru.	2	1	2	2	7
2.1-3	Při odpojování stroje od elektrické sítě může dojít ke zkratu a požáru.	2	1	2	2	7
2.2	Nebezpečí úrazu el. proudem	S	A	E	W	RP
2.2-1	Při zapojování stroje může dojít ke kontaktu člověka s el. proudem a následnému poranění.	2	1	2	2	7
2.2-2	Při odzkoušení stroje může dojít ke kontaktu člověka s el. proudem a následnému poranění.	2	1	2	2	7
2.2-3	Při výměně opotřebovaných částí může dojít ke kontaktu člověka s el. proudem a následnému poranění.	2	1	2	2	7
2.2-4	Při opravě poškozených částí může dojít ke kontaktu člověka s el. proudem a následnému poranění.	2	1	2	2	7
2.2-5	Nebezpečí úrazu el. proudem při odpojování přívodu el. energie.	2	1	2	2	7
2.3	Nebezpečí smrti el. proudem	S	A	E	W	RP
2.3-1	Při zapojování stroje může dojít ke kontaktu člověka s el. proudem a následně k usmrcení	3	1	2	2	13
2.3-2	Při opravě stroje může dojít ke kontaktu člověka s el. proudem a následně k usmrcení	3	2	2	2	16
2.3-3	Nebezpečí smrti el. proudem při odpojování přívodu el. energie	3	1	2	2	13

Tab 11) Tabulka nebezpečí materiálu/láték

<b>7</b>	<b>Nebezpečí materiálu/láték</b>					
7.1	Nebezpečí Infekce	S	A	E	W	RP
7.1-1	Při čištění stroje může díky nepozornosti dojít k infekci.	2	1	1	1	5

Tab 12) Tabulka nebezpečí spojená s prostředím, ve kterém je stroj používán

<b>9</b>	<b>Nebezpečí spojená s prostředím, ve kterém je stroj používán</b>					
9.1	Nebezpečí způsobená prostředím ve výšce	S	A	E	W	RP
9.1-1	Nebezpečí ztráty stability při vykládání a nakládání stroje a jeho částí.	3	1	3	3	18
9.2	Nebezpečí způsobená prašným prostředím	S	A	E	W	RP
9.2-1	Při práci v prašném prostředí může dojít k obtížnému dýchání.	1	2	1	3	4
9.3	Nebezpečí nezdravé polohy těla	S	A	E	W	RP
9.3-1	Nebezpečí práce při nezdravé poloze těla při čištění a dezinfekci špatně přístupných částí stroje.	1	1	1	1	0

## 8.2 Formuláře pro odhad rizik

Tab 13) Tabulka formuláře pro odhad rizik – nebezpečí smrti elektrickým proudem

<b>VUT v Brně, FSI UVSSR</b>	<b>FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA</b> <b>Zpracoval: Bc. Závodný Tomáš</b>		<b>Stroj: Rozmítací pila</b> <b>Datum: 28.4.2017</b>	
	<b>Číslo nebezpečí</b>	<b>Identifikační číslo</b>	<b>Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100</b> <b>2. Elektrické nebezpečí</b>	
2.3-2	1	<b>Nebezpečí smrti elektrickým proudem</b>		
<b>Životní etapa stroje:</b>	Oprava stroje		Nebezpečný prostor: pracovní prostor	
<b>Ohrožené osoby:</b>	Dělník, servisní technik		Provozní stav stroje: Mimo provoz	
<b>Popis nebezpečné situace/události:</b>	Při opravování stroje, může nějaká součást probíjet a opravář se s ní může dostat do kontaktu.			
<b>Počáteční riziko:</b>	<b>Závažnost a možné škody na zdraví:</b>	S3 - smrt	Velikost rizika	
	<b>Četnost a doba trvání ohrožení:</b>	A2- často až trvale	<b>16</b>	
	<b>Možnost vyvarování se nebezpečí:</b>	E2 - zřídka možné		
	<b>Prav. výskytu nebezpečné události:</b>	W2 - střední		
<b>Krok 1</b>	<b>Opatření zabudovaná v konstrukci</b>			
<b>Popis opatření:</b>	Ochranné kryty jsou opatřeny nevodivými částmi a speciálními šrouby.			
<b>Snížené riziko po opatření:</b>	<b>Závažnost a možné škody na zdraví:</b>	S3 - smrt	Velikost rizika	
	<b>Četnost a doba trvání ohrožení:</b>	A1 - zřídka až častěji	<b>13</b>	
	<b>Možnost vyvarování se nebezpečí:</b>	E2 - zřídka možné		
	<b>Prav. výskytu nebezpečné události:</b>	W2 - střední		
<b>Krok 2</b>	<b>Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření</b>			
<b>Popis opatření:</b>	Používání bezpečnostních doplňků vhodné pro práci s elektrickými zařízeními a součástmi.			
<b>Snížené riziko po opatření:</b>	<b>Závažnost a možné škody na zdraví:</b>	S2 - těžká zranění	Velikost rizika	
	<b>Četnost a doba trvání ohrožení:</b>	A1 - zřídka až častěji	<b>6</b>	
	<b>Možnost vyvarování se nebezpečí:</b>	E1 - možné		
	<b>Prav. výskytu nebezpečné události:</b>	W2 - střední		
<b>Krok 3</b>	<b>Informace pro používání</b>			
<b>Popis opatření:</b>	Dodržování informací v manuálu ke stroji, dále informační štítek na plochách stroje s označením nebezpečí úrazu el. proudem, školení o bezpečnosti práce.			
<b>Zbytkové riziko:</b>	<b>Závažnost a možné škody na zdraví:</b>	S0 - žádné nebezpečí	Velikost rizika	
	<b>Četnost a doba trvání ohrožení:</b>	A1 - zřídka až častěji	<b>0</b>	
	<b>Možnost vyvarování se nebezpečí:</b>	E1 - možné		
	<b>Prav. výskytu nebezpečné události:</b>	W1 - malá		
<b>Validace: Opatření jsou dostatečná</b>		<b>Bc. Závodný Tomáš</b>	<b>28.4.2017</b>	

Tab 14) Tabulka formuláře pro odhad rizik – nebezpečí stlačením

<b>VUT v Brně, FSI UVSSR</b>	<b>FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA</b>		<b>Stroj: Rozmítací pila</b>
	<b>Zpracoval: Bc. Závodný Tomáš</b>		<b>Datum: 28.4.2017</b>
<b>Číslo nebezpečí</b>	<b>Identifikační číslo</b>	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	
		<b>1. Mechanická nebezpečí</b>	
1.1	2	<b>Nebezpečí stlačením</b>	
<b>Životní etapa stroje:</b>	Zdvihání, nakládání, přeprava a vykládání	Nebezpečný prostor: Pracovní prostor	
<b>Ohrožené osoby:</b>	Dopravce, montér, skladník	Provozní stav stroje: Mimo provoz	
<b>Popis nebezpečné situace/události:</b>	Nebezpečí ztráty stability při manipulaci se strojem, možnost převržení.		
<b>Počáteční riziko:</b>	<b>Závažnost a možné škody na zdraví:</b>	S3 - Smrt	Velikost rizika
	<b>Četnost a doba trvání ohrožení:</b>	A2 - Často až trvale	<b>18</b>
	<b>Možnost vyvarování se nebezpečí:</b>	E3 - Sotva možné	
	<b>Prav. výskytu nebezpečné události:</b>	W3 - velká	
<b>Krok 1</b>	<b>Opatření zabudovaná v konstrukci</b>		
<b>Popis opatření:</b>	Stroj a jeho části jsou vybaveny body a úchyty pro lepší a bezpečnou manipulaci, to zvyšuje stabilitu a snižuje možnost převržení		
<b>Snížené riziko po opatření:</b>	<b>Závažnost a možné škody na zdraví:</b>	S2 - Těžké zranění	Velikost rizika
	<b>Četnost a doba trvání ohrožení:</b>	A1 - zřídka až častěji	<b>7</b>
	<b>Možnost vyvarování se nebezpečí:</b>	E2 - zřídka možné	
	<b>Prav. výskytu nebezpečné události:</b>	W2 - střední	
<b>Krok 2</b>	<b>Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření</b>		
<b>Popis opatření:</b>	Příkaz nošení ochranných prvků – helmy, rukavice		
<b>Snížené riziko po opatření:</b>	<b>Závažnost a možné škody na zdraví:</b>	S1 - lehká zranění	Velikost rizika
	<b>Četnost a doba trvání ohrožení:</b>	A1 - zřídka až častěji	<b>1</b>
	<b>Možnost vyvarování se nebezpečí:</b>	E2 - zřídka možné	
	<b>Prav. výskytu nebezpečné události:</b>	W2 - střední	
<b>Krok 3</b>	<b>Informace pro používání</b>		
<b>Popis opatření:</b>	Dodržovat bezpečnostní opatření při manipulaci, která jsou uvedena v příručce pro stroj.		
<b>Zbytkové riziko:</b>	<b>Závažnost a možné škody na zdraví:</b>	S1 - lehká zranění	Velikost rizika
	<b>Četnost a doba trvání ohrožení:</b>	A1 - zřídka až častěji	<b>0</b>
	<b>Možnost vyvarování se nebezpečí:</b>	E1 - Možné	
	<b>Prs. výskytu nebezpečné události:</b>	W1 - malé	
<b>Validace: Opatření jsou dostatečná</b>		<b>Bc. Závodný Tomáš</b>	<b>28.4.2017</b>

## 9 ZÁVĚR

Celá závěrečná práce byla zpracována za účelem návrhu dřevoobráběcího stroje pro přípravu přířezů se zaměřením na malé rozměry. Za tímto účelem byly provedeny kroky, které měly přispět k lepšímu porozumění celkové problematiky, a poté byl proveden návrh obráběcího stroje.

Úvod je věnován popisu dřeva, jeho struktuře a vlastnostem při mechanickém opracování. Poté je přiblíženo samotné zpracování řeziva do podoby přířezů. Další část je zaměřena na stroje pro dřevařskou výrobu, primárně na pily na dřevo. Následně byly uvedeny čtyři stroje od světových i lokálních výrobců, které jsou na trhu dostupné. Jejich parametry byly zhodnoceny vzhledem k definovaným parametrům požadovaných přířezů. Mezi nejvýznamnějšími parametry lze zmínit: výška řezu 5-60 mm a šířka přířezu 5-80 mm. Z tohoto průzkumu bylo zjištěno, že zařízení jsou dimenzována převážně pro větší rozměry obrobků a minimální rozměry by mohli při výrobě působit problémy, nemluvě o ekonomickém pohledu.

Po představení pil ke zpracování přířezů byl kladen ohled na bezpečnost práce na těchto strojích. Byly shrnuty základní body při pracovním procesu na pásových a kotoučových pilách. Poté byly blíže představeny konkrétní bezpečnostní prvky používané na strojích s řezným kotoučem.

Hlavní část je věnována samotnému designu stroje. Prvně byly provedeny návrhové a ověřovací výpočty důležitých částí, jako například výkon motorů pro hlavní vřeteno a podávací válce, návrh klínového řemene, volba pera a kontrola namáhání pracovního vřetene. Na základě těchto výsledků byl zpracován návrh rozmítací pily a detailněji popsány důležité uzly stroje jako rám stroje ze svařovaných jeklových profilů, pracovní výškově polohovatelný stůl s maximálním zdvihem 70 mm, primární vřeteno, pohonné ústrojí vřetene a podávacích válců, nejsou opomenuty ani bezpečnostní prvky a krytování.

Závěr je věnován analýze rizik navrženého stroje – pro lepší zpracování je stroj rozvržen do schématu a u jednotlivých bloků jsou identifikována možná nebezpečí. Poté se určila ohrožení i u životního cyklu stroje od dopravy na místo použití až po vyřazení z procesu. Těmto vypsáním rizikům je pomocí matice rizik přiřazena číselná hodnota, která určuje velikost nebezpečí. Z takto určených rizik, byla vybrána dvě s nejvyšší číselnou hodnotou a následně byla zpracována pomocí formuláře rizik, kde došlo ke zmírnění jejich velikosti nebezpečí na únosnou mez.

Výsledkem práce je tedy stroj spadající do kategorie – rozmítacích pil, který je ale dimenzovaný ke zpracování přířezů menších rozměrů. Při této výrobě umožňuje ekonomičtější provoz se zachováním vysoké přesnosti a komfortu obsluhy. U stroje byla provedena analýza rizik, kde proběhl rozbor možných nebezpečí a ty nejhorší byly redukovány na přípustnou hodnotu.

## 10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] KRÁL, Pavel. Obrábění dřevařských materiálů. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. ISBN 978-80-7375-267-5.
- [2] JOSTEN, Elmar, Thomas REICHE a Bernd WITTCHEN. Dřevo a jeho obrábění: Průvodce truhláře. Praha: Grada, 2010. Průvodce truhláře. ISBN 978-80-247-2961-9.
- [3] GANDELOVÁ, Libuše, Petr HORÁČEK a Jarmila ŠLEZINGEROVÁ. Nauka o dřevě. 2. nezm. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2002. ISBN 80-7157-577-1.
- [4] PROKEŠ, Stanislav. Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva. 3., nezm. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1982.
- [5] LISIČAN, Jozef. Teória a technika spracovania dreva. Zvolen: MATCENTRUM, 1996. ISBN 80-967315-6-4.
- [6] NUTSCH, Wolfgang. Příručka pro truhláře. Praha: Europa-Sobotáles, 2006. ISBN 80-86706-14-1.
- [7] KAFKA, Emanuel. Dřevařská příručka. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989.
- [8] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE, Richard G. BUDYNAS a Miloš VLK. Konstruování strojních součástí. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [9] LISIČAN, Jozef. Drevárské stroje a obrábene – Časť I.: Kinematika procesov obrabania dreva. Zvolen: Vysoká, 1972. ISBN 85-837-72.
- [10] SVOBODA, Václav. Bezpečnost práce při strojním obrábění dřeva. Praha: Sociologické nakladatelství, 1997. ISBN 80-85850-37-0.
- [11] Geometrie zubů pilových kotoučů SK. PILANA MARKET s.r.o. [online]. c2006-2017 [cit. 2017-03-11]. Dostupné z: <http://www.pilana.cz/cz/geometrie-zubu-pilovych-kotoucu-sk>
- [12] Dřevoobráběcí stroje: Bezpečnostní pravidla při obsluze vybraných dřevoobráběcích strojů. GUARD7 [online]. [cit. 2017-02-10]. Dostupné z: [Guard7 - dřevoobrabeci stroje](#)
- [13] Rozmítací pily: Rozmítací pily jednohřídelové. TOS Svitavy [online]. c2012 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.tossvitavy.com/index.php/drevostroje/rozmitaci-pily>
- [14] Grizzly G0524 - Straight Line Rip Saw. Grizzly Industrial [online]. c2017 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.grizzly.com/products/Straight-Line-Rip-Saw>
- [15] New and Used Woodworking Machinery: Saws - Straight Line Rip - Diehl. Wwthayer [online]. c2017 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.wwthayer.com/Diehl>
- [16] HEAVY DUTY STRAIGHT LINE RIP SAW, YFR-303S. OAV EQUIPMENT AND TOOLS, INC. [online]. c2017 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.oavequipment.com/>
- [17] ČSN EN 1870-10 Bezpečnost dřevozpracujících strojů – Kotoučové pily – Část 10: Jednokotoučové automatické a poloautomatické spodní kotoučové pily pro příčné řezání. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [18] MÄKKÉ REZIVO: KLINOVÉ SPOJE - METÓDA NEKONEČNÉHO VLYSU (CINK). In: TIMBEX [online]. c2001-2017 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: [www.timbex.sk](http://www.timbex.sk)
- [19] Pilový kotouč SK 250x2,7/1,8x30 5394.1 20+4 WZ - EFFECTIVE. In: PILANA MARKET, s.r.o. [online]. c2005 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: [www.pilanamarket.cz/pilove-kotouce](http://www.pilanamarket.cz/pilove-kotouce)



- [20] Kotoučová pila na dřevo. Magazín podnikání [online]. c2012-2017 [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: <https://www.citacepro.com/dok/woXPnwhbsh8Fba5i>
- [21] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [22] Pilový kotouč SK 250x1,8/1,3x30 5383 40 LWZ - ULTRA tenký. In: PILANA MARKET, s.r.o. [online]. c2005 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.pilanamarket.cz/pilove-kotouce>
- [23] ČSN EN ISO 12100: 2011. Bezpečnost strojních zařízení - Všeobecné zásady pro konstrukci - Posouzení rizika a snižování rizika. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [24] MAREK, J. a kol.; Management rizik v konstrukci výrobních strojů. MM Průmyslové spektrum, speciální vydání., 2009; ISSN 1212-2572.
- [25] Katalog motorů Siemens [online]. 2017 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.elektromotory.net/katalog/motory 1LA>
- [26] Katalog motorů Siemens [online]. 2017 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.elektromotory.net/katalog/motory 1LE>
- [27] Katalog šnekových převodovek Raveo [online]. 2017 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.raveo.cz/katalog/snekove prevodovky>
- [28] Katalog ložisek SKF [online]. 2017 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.exvalos.cz/katalog/loziska>



# 11 SEZNAM ZKRATEK, OBRÁZKŮ A TABULEK

## 11.1 Seznam tabulek

TAB 1) PARAMETRY STROJE GRIZZLY G0524 [14].....	30
TAB 2) PARAMETRY STROJE DIEHL SL-65 STRAIGHT LINE RIP SAW [15] .....	31
TAB 3) PARAMETRY STROJE TOS SVITAVY PWR 201 [13] .....	32
TAB 4) PARAMETRY STROJE OAV EQUIPMENT YFR-303S [16].....	33
TAB 5) PARAMETRY ROZMÍTACÍHO KOTOUČE.....	39
TAB 6) PARAMETRY ULTRATENKÉHO KOTOUČE.....	40
TAB 7) PARAMETRY NAVRŽENÉHO STROJE.....	58
TECHNICKÉ PARAMETRY ANALYZOVANÉHO STROJE JSOU K VIDĚNÍ V TABULCE TAB 7) .....	59
TAB 8) TABULKA IDENTIFIKACE RELEVANTNÍCH NEBEZPEČÍ .....	61
TAB 9) TABULKA MECHANICKÝCH NEBEZPEČÍ.....	65
TAB 10) TABULKA ELEKTRICKÝCH NEBEZPEČÍ .....	67
TAB 11) TABULKA NEBEZPEČÍ MATERIÁLU/LÁTEK.....	68
TAB 12) TABULKA NEBEZPEČÍ SPOJENÁ S PROSTŘEDÍM, VE KTERÉM JE STROJ POUŽÍVÁN .....	68
TAB 13) TABULKA FORMULÁŘE PRO ODHAD RIZIK – NEBEZPEČÍ SMRTI ELEKTRICKÝM PROUDEM .....	69
TAB 14) TABULKA FORMULÁŘE PRO ODHAD RIZIK – NEBEZPEČÍ STLAČENÍM .....	70

## 11.2 Seznam obrázků

OBR. 1) ZÁKLADNÍ ŘEZY DŘEVA [7].....	17
OBR. 2) SLOŽENÍ KMENE [7] .....	18
OBR. 3) MIKROSKOPICKÁ STAVBA DŘEVA [7] .....	19
OBR. 4) UKÁZKA ŘEZÁNÍ DŘEVA [7]. .....	20
OBR. 5) UKÁZKA POHYBŮ OBROBKU A NÁSTROJE S POPISEM VÝHOD A NEVÝHOD [2]. .....	20
OBR. 6) UKÁZKA ZÁBĚRU NÁSTROJE VZHLEDEM K VLÁKNŮM V MATERIÁLU [2]. .....	21
OBR. 7) SCHÉMA VÝROBY PŘÍŘEZŮ [1]. .....	22
OBR. 8) SCHÉMA PÁSOVÉ PILY [1]: 1 – RÁM STROJE, 2 – STŮL, 3 – HORNÍ PÁSOVNICE, 4 – HNACÍ PÁSOVNICE, 5 – PILOVÝ PÁS, 6 – MECHANIZMUS PRO NAKLÁPĚNÍ PÁSOVNICE A NAPÍNÁNÍ PÁSU, 7 –	

PRAVÍTKO, 8 – VODÍTKA PÁSU, 9 – KRYT STROJE, 10 – ELEKTROMOTOR.....	27
OBR. 9) SCHÉMA KOTOUČOVÉ PILY: 1 – PILOVÝ KOTOUČ, 2 – OBRÁBĚNÝ MATERIÁL, 3 – STŮL, 4 – HNANÁ ŘEMENICE, 5 – ŘEMENOVÝ PÁS, 6 – HNACÍ ŘEMENICE, 7 – ELEKTROMOTOR, 8 – VODICÍ PRAVÍTKO.....	28
OBR. 10) SCHÉMA ROZMÍTACÍ PILY S HORNÍM UMÍSTĚNÍM HŘÍDELE [1]: 1 – ČLÁNKOVÝ POSOUVACÍ PÁS, 2 – HNACÍ ŘETĚZOVÉ KOLO PODÁVACÍHO PÁSU, 3 – VEDENÍ PODÁVACÍHO PÁSU, 4 – OBRÁBĚNÝ MATERIÁL, 5 – PILOVÉ KOTOUČE, 6 – STŮL STROJE, 7 – PŘÍTLAČNÝ VÁLEC, 8 – ROZEVÍRACÍ KLÍN, 9 – ZÁCHYTY ZPĚTNÉHO VRHU, 10 – VODICÍ PRAVÍTKO. ....	28
OBR. 11) TVARY ZUBŮ U PILOVÝCH KOTOUČŮ A JEJICH POPIS [10]. ....	29
OBR. 12) STROJ GRIZZLY G0524 [14]. ....	30
OBR. 13) STROJ DIEHL SL-30 STRAIGHT LINE RIP SAW [15]. ....	31
OBR. 14) STROJ TOS SVITAVY PWR 201 [13]. ....	32
OBR. 15) STROJ OAV EQUIPMENT YFR-303S [16]. ....	33
OBR. 16) A) HORNÍ KRYT, KTERÝ JE NADZVEDÁVANÝ, B) SPODNÍ KRYT PILOVÉHO KOTOUČE [17]. ....	37
OBR. 17) SCHÉMA A NASTAVENÍ ROZVÍRACÍHO KLÍNU [17]. ....	38
OBR. 18) PILOVÝ KOTOUČ SK 250X2,7/1,8X30 5394.1 20+4 WZ – EFFECTIVE [19]. ....	39
OBR. 19) PILOVÝ KOTOUČ SK 250X1,8/1,3X30 5383 40 LWZ - ULTRA TENKÝ [22]. ....	40
OBR. 20) ÚHEL ZÁBĚRU [4]. ....	41
KROUTICÍ MOMENT: .....	43
OBR. 21) PŮSOBENÍ SIL NA ZUB KOTOUČE [4]. ....	43
OBR. 22) PŮSOBENÍ SIL NA ŘEMENICI .....	46
OBR. 23) ZATĚŽUJÍCÍ SÍLY NA HŘÍDELI .....	47
OBR. 24) PRŮBĚH MOMENTŮ A POSOUVAJÍCÍCH SIL NA VŘETENU STROJE .....	49
OBR. 25) RÁM STROJE: ORANŽOVÁ – RÁM STROJE, ČERVENÁ – POHONNÉ ÚSTROJÍ.....	53
OBR. 26) PRACOVNÍ STŮL: A) POHLED SHORA B) POHLED ZESPOD.....	54
OBR. 27) A) PRACOVNÍ VŘETENO B) HŘÍDEL .....	55
OBR. 28) POHONNÉ ÚSTROJÍ ROZMÍTACÍ PILY (ČERVENÁ; ŠEDÁ A ČERNÁ BARVA) .....	56
OBR. 30) BEZPEČNOSTNÍ KRYTOVÁNÍ STROJE (ČERNÁ BARVA) A) KRYTOVÁNÍ STOLU B) KRYTOVÁNÍ MOTORU A PŘEVODŮ.....	57
OBR. 31) ROZMÍTACÍ PILA.....	58

<b>OBR. 32) ROZMÍTACÍ PILA .....</b>	<b>59</b>
<b>OBR. 33) BLOKOVÝ DIAGRAM STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ: ÚROVEŇ 1 .....</b>	<b>60</b>
<b>OBR. 34) BLOKOVÝ DIAGRAM STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ: ÚROVEŇ 2 .....</b>	<b>60</b>
<b>OBR. 35) GRAF PRO URČENÍ VELIKOSTI RIZIKA [24].....</b>	<b>62</b>
<b>OBR. 36) TABULKA ANALÝZY VÝZNAMNÝCH NEBEZPEČÍ.....</b>	<b>63</b>



## 12 SEZNAM PŘÍLOH

CD

PŘÍLOHA 1 – Nomogramy pro výpočet řezných sil

PŘÍLOHA 2 – Parametry motorů Siemens

PŘÍLOHA 3 – Parametry šnekové převodovky Raveo

PŘÍLOHA 4 – Parametry kuličkových ložisek SKF

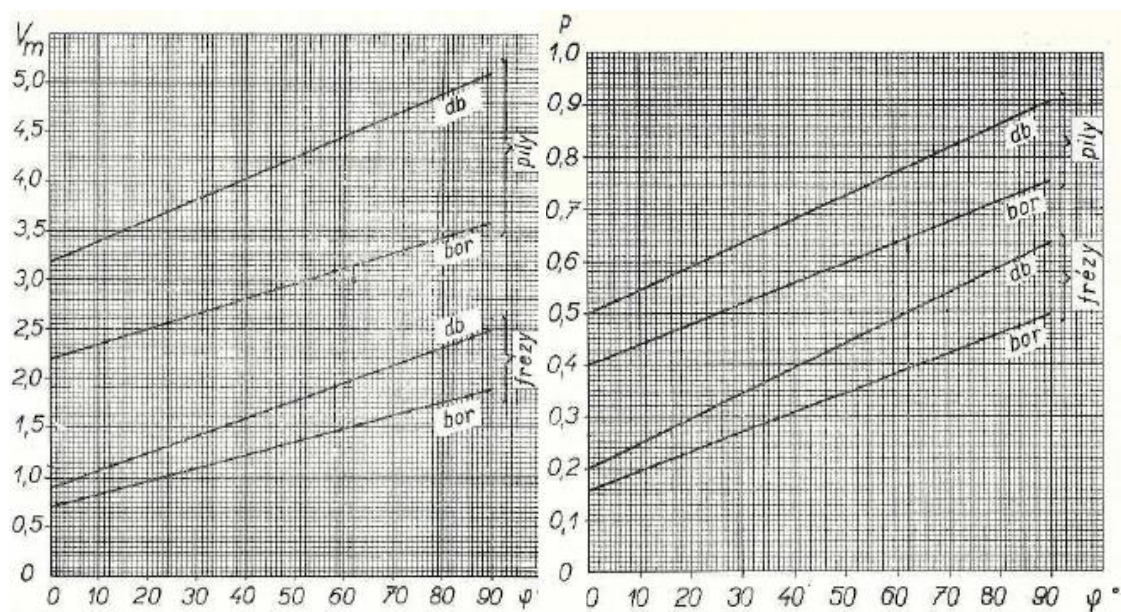
Výkres sestavy, výkres pracovního vřetene



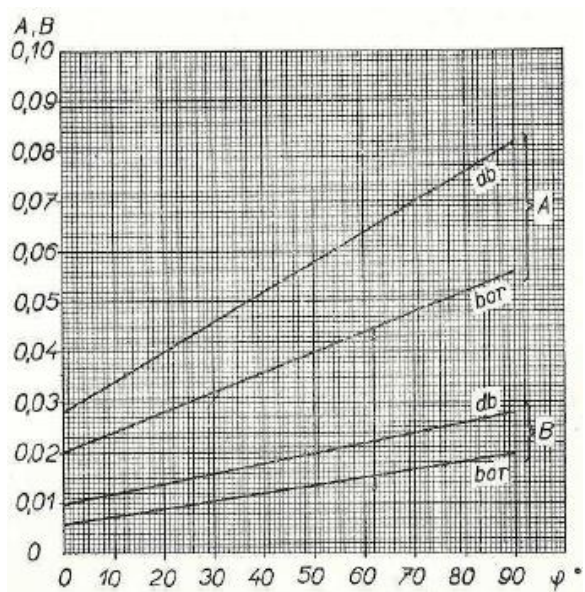


# PŘÍLOHY

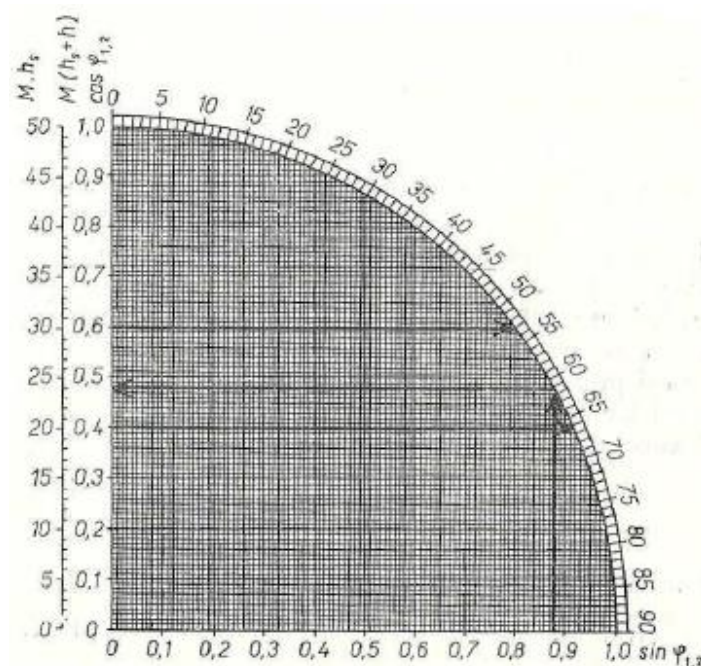
## PŘÍLOHA 1 – Nomogramy pro výpočet řezných sil [7]



Nomogramy pro odečtení hodnot  $V$  a  $p$



Nomogram pro odečtení hodnot  $A$  a  $B$



Nomogram pro zjištění vztahu mezi  $h$  a  $h_1$  při řezání kotoučem

## PŘÍLOHA 2 – Parametry motorů Siemens [25][26]




Provozní hodnoty při jmenovitém výkonu														Hliníková řada 1LE1002 Provedení IE1 podle IEC 60034-30 Objednací číslo			$m_{IM\ B3}$	J	Momentová třída KL
$P_N$ 50 Hz	$P_N$ 60 Hz <sup>1)</sup>	Veli- kost	$n_N$ 50 Hz	$M_N$ 50 Hz	IE třída	$\eta_N$ 50 Hz	$\eta$ 50 Hz	$\eta$ 50 Hz	$\cos \varphi_N$ 50 Hz	$I_N$ 50 Hz	$M_N$ 50 Hz	$I_N$ 50 Hz	$M_N$ 50 Hz	$L_{pA}$ 50 Hz	$L_{WA}$ 50 Hz	kg	kgm <sup>2</sup>		
kW	kW		min <sup>-1</sup>	Nm		%	%	%		A				dB(A)	dB(A)				
• Chlazení: vlastní chlazení (IC 411), resp. se zkráceným označ. F90 cizí chlazení bez vnějšího ventilátoru a krytu ventilátoru (IC416)																			
• Účinnost: standardní účinnost IE1 (Standard efficiency), servisní faktor 1,1 (SF uveden na výkonnostním štítku)																			
• Izolační systém: tepelná třída 155 (F), využití na tepelnou třídu 130 (B), ochrana krytem IP55																			
4-pólové: 1500 min <sup>-1</sup> při 50 Hz, 1800 min <sup>-1</sup> při 60 Hz <sup>1)</sup>																			
2,2	2,55	100 L	1425	15	IE1	79,7	80,5	78,5	0,81	4,9	2,2	5,1	2,3	60	72	1LE1002-1AB4	18	0,0059	16
3	3,45	100 L	1425	20	IE1	81,5	83,0	82,3	0,85	6,3	2,4	5,4	2,6	60	72	1LE1002-1AB5	22	0,0078	16
4	4,55	112 M	1435	27	IE1	83,1	84,5	84,0	0,85	8,2	2,2	5,3	2,6	58	70	1LE1002-1BB2	27	0,010	16
5,5	6,3	132 S	1450	36	IE1	84,7	85,7	84,9	0,82	11,2	2,3	5,7	2,7	64	76	1LE1002-1CB0	38	0,019	16
7,5	8,6	132 M	1450	49	IE1	86,0	86,9	86,3	0,82	15,2	2,6	6,6	3,1	64	76	1LE1002-1CB2	44	0,024	16
11	12,6	160 M	1460	72	IE1	87,6	88,0	86,6	0,82	22	2,3	6,4	3,1	65	77	1LE1002-1DB2	62	0,044	16
15	17,3	160 L	1460	98	IE1	88,7	89,3	88,3	0,82	30	2,5	7,0	3,4	65	77	1LE1002-1DB4	73	0,056	16

Motor pohonu hlavního vřetene

Jmen. výkon	Velikost	Objednací číslo	Otáčky	Parametry při jmenovitém výkonu				Poměrný záběrný moment	Poměrný záběrný proud	Poměrný moment zvratu	Momen- tová třída	Momen- tová charak- teris- tika Diagram č.	Moment setrvač- nosti	Hmot- nost
		Označení pro napětí a tvar viz tabulka níže		Účinnost $\eta$	Účinek $\cos \varphi$	Jmenovitý proud při 400 V	Jmenovitý moment	$M_z / M_n$ při přímém spouštění	$I_k / I_n$ při přímém spouštění	$M_{max} / M_n$ při přímém spouštění			J	Tvar IM B3
6-pól, 1000 min <sup>-1</sup> , 50Hz														
kW			min <sup>-1</sup>	%		A	Nm	-	-	-	KL	(str. 16)	kgm <sup>2</sup>	kg
0,06	63	1LA7 060-6AB..	830	39	0,66	0,34	0,7	1,8	2,0	1,8	16	6	0,0003	3,5
0,09	63	1LA7 063-6AB..	870	40	0,70	0,47	1,0	1,8	2,0	1,9	16	6	0,0004	4,1
0,18	71	1LA7 070-6AA..	835	56	0,75	0,62	2,0	2,1	2,3	1,9	16	6	0,0006	6,3
0,25	71	1LA7 073-6AA..	850	61	0,76	0,78	2,8	2,2	2,7	2,0	16	6	0,0009	6,3
0,37	80	1LA7 080-6AA..	920	62	0,72	1,2	3,8	1,9	3,1	2,0	16	6	0,0015	7,5
0,55	80	1LA7 083-6AA..	910	67	0,74	1,6	5,8	2,1	3,4	2,1	16	6	0,0018	9,4
0,75	90S	1LA7 090-6AA..	915	69	0,76	2,1	7,8	2,2	3,7	2,3	16	6	0,0028	12,5

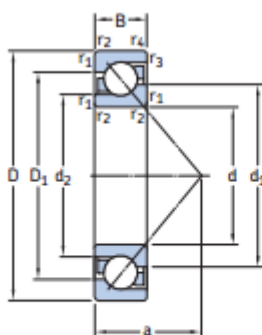
Motor pohonu podávacích válců

### PŘÍLOHA 3 – Parametry šnekové převodovky Raveo [27]

$P_1$ [kW]	$n_2$ [min <sup>-1</sup> ]	$M_2$ [Nm]	sf	i			
71B6 (900 min <sup>-1</sup> )	180	11	4.1	5	CM040		B5/B14
	120	17	3.1	7.5	CM040		B5/B14
	90	22	2.4	10	CM040		B5/B14
	60	31	1.8	15	CM040		B5/B14
	45	39	1.1	20	CM040		B5/B14
	36	46	0.9	25	CM040		B5/B14
	30	53	1.1	30	CM040		B5/B14
	23	64	0.8	40	CM040		B5/B14

Parametry šnekové převodovky

### PŘÍLOHA 4 – Parametry kuličkových ložisek SKF [28]



Hlavní rozměry			Únosnost dyna- mická C	Únosnost sta- tická C <sub>0</sub>	Mezní únavové zátížení P <sub>u</sub>	Připustné otáčky		Hmot- nost	Označení <sup>(1)</sup> Univerzálně párovatelné ložisko	Standardní provedení ložiska
d	D	B				Referenč- ní otáčky	Mezní otáčky			
mm			kN		kN	min <sup>-1</sup>		kg	–	
50	90	20	40	31	1,32	9 000	9 000	0,47	* 7210 BECBP	–
	90	20	37,7	28,5	1,22	8 500	8 500	0,47	–	7210 BEP
	90	20	39	30,5	1,29	8 500	8 500	0,47	7210 BECBY	7210 BEY
	90	20	40	31	1,32	9 000	9 000	0,51	* 7210 BECBM	–
	110	27	75	51	2,16	8 000	8 000	1,04	* 7310 BECBP	–
	110	27	68,9	47,5	2	7 500	7 500	1,04	–	7310 BEP
	110	27	74,1	51	2,2	7 500	7 500	1,13	7310 BECBY	7310 BEY
	110	27	75	51	2,16	8 000	8 000	1,16	* 7310 BECBM	–
55	100	21	49	40	1,66	8 000	8 000	0,62	* 7211 BECBP	–
	100	21	46,2	38	1,53	7 500	7 500	0,62	–	7211 BEP
	100	21	48,8	38	1,63	7 500	7 500	0,62	7211 BECBY	7211 BEY
	100	21	49	40	1,66	8 000	8 000	0,66	* 7211 BECBM	–

